



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN.  
INGENIERIA ELÉCTRICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL NUMÉRICO  
COMPUTARIZADO (CNC), PARA UNA FRESADORA DE MADERA  
EN TRES DIMENSIONES”.**

## **AUTORES**

Br. Carlos Romeo Guerrero Dinarte.

Br. Francisco Aurelio Acuña García

**Managua, 26 de febrero del 2018**

## INDICE GENERAL

<b>Dedicatoria.....</b>	<b>1</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>2</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>3</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>Antecedente.....</b>	<b>6</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>9</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>10</b>
<b>Objetivo general.....</b>	<b>10</b>
<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>10</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>11</b>
<b>Sistemas de Control Numérico Computarizado.....</b>	<b>11</b>
<b>EL control Numérico Computarizado.....</b>	<b>11</b>
<b>Principio de funcionamiento.....</b>	<b>12</b>
<b>Maquinas Fresadoras para procesar madera.....</b>	<b>12</b>
<b>Partes de una Fresadora de 3 ejes.....</b>	<b>13</b>
<b>Motores Paso A Paso.....</b>	<b>14</b>
<b>Sistema de transmisión.....</b>	<b>15</b>
<b>Transmisión por tornillo de bolas.....</b>	<b>16</b>
<b>Transmisión por piñón y cremallera.....</b>	<b>16</b>
<b>Motor principal o Spindle.....</b>	<b>18</b>
<b>Los motores de corriente continua (DC).....</b>	<b>18</b>
<b>El motor de corriente alterna trifásicos.....</b>	<b>18</b>
<b>Velocidad máxima del motor.....</b>	<b>19</b>

<b>Torque del motor.....</b>	<b>19</b>
<b>Motores con cepillos.....</b>	<b>20</b>
<b>Sensor Final de Carrera.....</b>	<b>20</b>
<b>La Computadora.....</b>	<b>20</b>
<b>El puerto paralelo.....</b>	<b>21</b>
<b>Tipos de puerto paralelo.....</b>	<b>22</b>
<b>Identificar el tipo de puerto y dirección.....</b>	<b>23</b>
<b>MACH 3.....</b>	<b>23</b>
<b>Encendido Retardado De Un Sistema.....</b>	<b>24</b>
<b>Códigos “G y M” .....</b>	<b>24</b>
<b>Códigos Misceláneos “M” .....</b>	<b>25</b>
<b>Herramientas de desbaste.....</b>	<b>26</b>
<b>Filtro PI.....</b>	<b>27</b>
<b>Automatización.....</b>	<b>27</b>
<b>CNC (Control Numérico por Computador).....</b>	<b>27</b>
<b>Fresado.....</b>	<b>27</b>
<b>Fresa.....</b>	<b>28</b>
<b>Fresadora.....</b>	<b>28</b>
<b>Husillo.....</b>	<b>28</b>
<b>La fuerza de corte.....</b>	<b>28</b>
<b>La profundidad de corte.....</b>	<b>28</b>
<b>Máquina .....</b>	<b>28</b>
<b>Herramienta.....</b>	<b>28</b>
<b>Maquinabilidad.....</b>	<b>29</b>
<b>Velocidad de avance.....</b>	<b>29</b>

<b>Diseño metodológico.....</b>	<b>29</b>
<b>Tipo de Investigación/Universo/Muestra.....</b>	<b>29</b>
<b>Técnicas e instrumentos para recolectar información.....</b>	<b>29</b>
<b>Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.....</b>	<b>30</b>
<b>Selección de componentes.....</b>	<b>32</b>
<b>Selección de Motor de Desbaste “Spindle” .....</b>	<b>32</b>
<b>Diseño de los Ejes X e Y.....</b>	<b>34</b>
<b>Selección del sistema de transmisión.....</b>	<b>35</b>
<b>Algoritmo de control.....</b>	<b>35</b>
<b>Diseño de la Máquina.....</b>	<b>37</b>
<b>.Diseño de la estructura.....</b>	<b>38</b>
<b>Diseño del Eje X.....</b>	<b>38</b>
<b>Diseño del Eje Y.....</b>	<b>40</b>
<b>Diseño del Eje Z.....</b>	<b>41</b>
<b>Diseño de la tarjeta de control.....</b>	<b>42</b>
<b>Diseño del software para limpieza.....</b>	<b>61</b>
<b>Tipo de trayectoria.....</b>	<b>61</b>
<b>Tamaño del área.....</b>	<b>61</b>
<b>Cargar código G.....</b>	<b>61</b>
<b>Diseño del programa.....</b>	<b>61</b>
<b>Una primera función.....</b>	<b>61</b>
<b>Una segunda función.....</b>	<b>62</b>
<b>Una tercera función.....</b>	<b>62</b>
<b>Una cuarta función.....</b>	<b>62</b>
<b>Diseño de la cadena porta cables.....</b>	<b>62</b>

<b>Conclusiones.....</b>	<b>63</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>64</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>66</b>
<b>Hoja de datos 4N25.....</b>	<b>66</b>
<b>Anexo Hoja de datos 6N137 .....</b>	<b>70</b>
<b>Anexo hoja de datos BT139.....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo hoja de datos MOC3021.....</b>	<b>76</b>
<b>Anexo Hoja de datos TB6560.....</b>	<b>78</b>
<b>Hoja de datos NE555 SA555-SE555.....</b>	<b>81</b>
<b>Hoja de datos BC548.....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo vista general del eje Z de la maquina.....</b>	<b>83</b>

## **Dedicatoria**

*A nuestro padre celestial por darnos el don de la vida y permitirnos finalizar este trabajo monográfico.*

*A nuestros Padres por ser nuestro ejemplo de superación, quienes a lo largo de nuestra vida nos han guiado y apoyado con su cariño y compromiso hacia nosotros.*

*A nuestro tutor, por su apoyo incondicional, en el desarrollo de este trabajo monográfico.*

## **Agradecimientos**

*Agradecemos eternamente a Dios por que nos regaló la vida, voluntad y fortaleza para culminar nuestros estudios.*

*A nuestros padres por su apoyo incondicional a lo largo de nuestra vida.*

*De igual manera le agradecemos a nuestro Tutor por ser nuestro guía y amigo en el desarrollo de este trabajo monográfico y ser una persona interesada en aportarnos sus conocimientos para el desarrollo investigativo de este trabajo.*

*A las autoridades del Taller Escuela, Programa Institucional De La Madera por permitirnos realizar este trabajo monográfico en sus instalaciones.*

*A todos nuestros compañeros y amigos por su apoyo incondicional y que estuvieron con nosotros en el arduo pero provechoso estudio para la realización de este Trabajo Monográfico.*

## **Resumen**

El presente trabajo consiste en analizar, diseñar e implementar una Maquina de Control Numérico Computarizado en la cual se deben plantear las ventajas de una máquina de Control Numérico Computarizado, así como los beneficios educativos que se exponen a lo largo del desarrollo de la máquina, se pretende desarrollar el presente tema en cuatro partes, de los cuales a continuación se hará una explicación generalizada.

En la fase uno se plantea los problemas de la investigación, la justificación y objetivos del trabajo, se describe con que características se diseñará la máquina, la aplicación de la máquina, también se describe una visión general de los problemas en la elaboración de la máquina, en la justificación del problema se describe el por qué diseñar la máquina.

En la fase dos se describen los conceptos básicos y avanzados relacionados a una Maquina de Control Numérico Computarizado, y se detalla métodos de diseñar las diferentes partes o sistemas de la máquina, también se hace una comparación para la adecuada selección de un sistema, esto es fundamental para que el diseño de la máquina esté optimizado según su aplicación.

En la parte tres corresponde al desarrollo del trabajo, es aquí donde se describe los sistemas usados en el diseño de cada parte de la máquina, se fundamenta el por qué optó por un sistema u otro, en una primera parte se detalla la selección de materiales como motores, sistema de transmisión y otros aspectos, en una segunda parte se detalla el diseño de la estructura de la máquina mediante el diseño de planos en 2D y 3D previos a la construcción, como una cuarta parte se detalla el diseño e implementación de la tarjeta de control que interpreta los datos de la computadora a los actuadores.



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC), PARA UNA  
FRESADORA DE MADERA EN TRES DIMENSIONES".

## **Introducción**

El trabajo realizado por carpinteros y ebanistas en Nicaragua es dificultoso, mas cuando se necesita que los modelos se realicen de manera repetitiva y que sean igual en dimensión y forma, ya que la dureza de la madera afecta trabajarla con herramientas tradicionales y los tiempos se prolongan realizando repetidamente mediciones para que las piezas a realizar sean lo más parecido a la pieza modelo.

El por ese motivo nace la idea para desarrollar este trabajo monográfico, la cual consiste en analizar, diseñar e implementar una Maquina de Control Numérico Computarizado en la cual se deben plantear las ventajas de una máquina de Control Numérico Computarizado, así como los beneficios educativos que se exponen a lo largo del desarrollo de la máquina, se pretende desarrollar el presente tema en cuatro partes, de los cuales a continuación se hará una explicación generalizada.

En la fase uno se plantea los problemas de la investigación, la justificación y objetivos del trabajo, se describe con que características se diseñará la máquina, la aplicación de la máquina, también se describe una visión general de los problemas en la elaboración de la máquina, en la justificación del problema se describe el por qué diseñar la máquina.

En la fase dos se describen los conceptos básicos y avanzados relacionados a una Maquina de Control Numérico Computarizado, y se detalla métodos de diseñar las diferentes partes o sistemas de la máquina, también se hace una comparación para la adecuada selección de un sistema, esto es fundamental para que el diseño de la máquina esté optimizado según su aplicación.

En la fase tres se describirá el diseño metodológico de la investigación, se describe ¿Dónde?, ¿Cómo?, ¿de qué forma? y ¿qué tipo de investigación es?, esto es fundamental para identificar la orientación tecnológica del trabajo.

En la parte cuatro corresponde al desarrollo del trabajo, es aquí donde se describe los sistemas usados en el diseño de cada parte de la máquina, se fundamenta el por qué optó por un sistema u otro, en una primera parte se detalla la selección de materiales como motores, sistema de transmisión y otros aspectos, en una segunda parte se detalla el diseño de la estructura de la máquina mediante el diseño de planos en 2D y 3D previos a la

construcción, como una tercera parte se detalla el diseño e implementación de la tarjeta de control que interpreta los datos de la computadora a los actuadores, y como una última parte se describe el diseño de un controlador y un software que se encargan de optimizar y automatizar el sistema de limpieza, esta última parte tiene como objetivo optimizar los sistemas de limpieza tradicionales.

### **Antecedente**

En un primer trabajo de WEIQIN (2013), que se denomina "Design ang Analysis of a Small-Scale Cost-Effective CNC Milling Machine", traduciendo al español, "Diseño y Análisis de una Pequeña Máquina de Fresado CNC de Bajo Costo", el objetivo de esta tesis es diseñar una máquina CNC de bajo costo. También se enfoca en diseñar una máquina de alta precisión, para lo cual en el trabajo se realizó un análisis estructural y diseño de respuesta de motores.

La conclusión del trabajo es: con el incremento de demanda en las industrias de partes pequeñas de alta precisión, la venta de máquinas creció sustancialmente y usando una máquina para la elaboración de pequeñas partes proveen una flexibilidad y eficiencia en la manufacturando aprovechando y reduciendo costos, el diseño seleccionado en el trabajo es una máquina de tipo vertical con algunos componentes críticos de este trabajo son: las guías lineales, motores, encoders, que fueron seleccionados de diferentes opciones.

La máquina implementada fue diseñada para manufacturar partes en serie, debido a las partes de la estructura y el montaje robusto de la estructura y controladores.

Un segundo trabajo realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, correspondiente a Alonso (2015), tiene como objetivo principal diseñar un cortador láser CNC de bajo costo y así ser asequible para los potenciales usuarios, aunque la aplicación de este trabajo es diferente a nuestro diseño, aporta investigación en el principio de funcionamiento.

En este trabajo al hacer el diseño se logró una máquina de equivalente costo que una comercial, pero con una mayor área de trabajo, también aporta mucha investigación en diagramas de flujo para el diseño.

Un tercer trabajo realizado en la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, correspondiente a Yuri & John (2011), quienes realizaron "Diseño de un Prototipo de Máquina de Control Numérico Computarizada Controlado a Través de Imágenes en Tiempo real", el objetivo de este trabajo es hacer el trabajo cada vez más sencillas las formas de procesar la información y el control en tiempo real.

En este trabajo se investigó acerca de los aspectos sobre el funcionamiento de una maquina CNC, y relaciona con la investigación en curso con la selección de: sistema de transmisión, tipos de motores, diseño de controladores para motores, además se hizo un análisis sobre la factibilidad del diseño.

Aunque la aplicación del trabajo es el de reconocimiento de imágenes, el principio de funcionamiento de prototipo es semejante con la investigación en curso, los objetivos específicos de este trabajo son: Diseñar un prototipo de una máquina de control numérico computarizado, Diseñar un software que sea capaz de controlar la máquina de control de numérico a través de imágenes tomadas al objetivo, donde se anexan los planos y conclusiones concluyendo con éxito el proyecto.

### **Justificación**

Con la evolución de la tecnología en manufactura de la madera, hay una necesidad de mejorar en el proceso de elaboración del producto final. Por lo cual la elaboración de una máquina CNC responde a una necesidad en particular que es el tallado y fresado de madera. Las máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC) nos ofrecen diversas ventajas como son:

Mayor precisión y calidad de acabado, una maquina CNC tiene una calidad Milimétrica, lo que le permite hacer diseños y cortes con mucha precisión.

Un solo operario puede manejar varias máquinas, una maquina CNC es automática y requiere muy poca asistencia, por lo cual un solo operario es capaz de manejar varias máquinas.

Fácil control de calidad, en una maquina CNC es fácil controlar la calidad, puesto que realiza movimientos precisos y repetitivos.

No se requieren operadores con experiencia, para operar una maquina CNC no es necesario ser un experto en el manejo puesto que poseen un software intuitivo y fácil de configurar.

Mayor seguridad en la producción, con una maquina CNC se reduce mucho los peligros que implica la manufactura en madera. Permite una simulación antes de efectuar el trabajo, en una maquina CNC al ser asistido por computadora, es posible ver el diseño final con un programa de simulación instalada en la computadora.

Fácil control de calidad, gracias a las simulaciones es posible hacer ajustes de calidad, dimensiones, etc.

Fácil manufactura de productos con diseños complicados, con un adecuado uso de herramientas, las maquinas CNC son capaces de hacer diseños complejos.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Diseñar sistema de control numérico por computadora (CNC), para una fresadora de madera en tres dimensiones.

### **Objetivos específicos**

- A. Determinar los requerimientos, para el desarrollo de una máquina de control numérico por computadora (CNC), para una fresadora de madera en tres dimensiones.
- B. Diseñar estructura para implementar un sistema de control numérico por computadora (CNC), para una fresadora de madera en tres dimensiones.
- C. Desarrollar un algoritmo de control para automatizar la maquina fresadora en tercera dimensión.
- D. Desarrollar un controlador para la máquina, que sirva de intérprete para los datos enviados de la PC a la máquina.
- E. Desarrollar un sistema automatizado de limpieza de virutas y polvillo generados en el momento de procesar la madera.

## **Marco teórico**

### **Sistemas de Control Numérico Computarizado.<sup>1</sup>**

Las maquinas CNC. "Control Numérico Computarizado" tiene como principal característica controlar completamente una Máquina-Herramienta desde un computador mediante un control numérico, facilitando en su totalidad el trabajo a desempeñar. Este tipo de controladores CNC. Están basados en códigos G para la generación de las trayectorias, y códigos M para generar las funciones especiales.

Al trabajar con el código G, brinda la facilidad a los usuarios de realizar los diseños en diferentes programas CAD, permitiéndoles usar diversos programas computacionales, para luego ser convertido el archivo de formato CAD o DXL en códigos G con la ayuda de un software.

En general CNC está catalogada en la parte mecánica como máquinas de precisión siendo una de las características más importantes, también se debe tomar en cuenta la velocidad de trabajo que desempeña de acuerdo a la aplicación. Entre los tipos de máquina de control numérico más comerciales tenemos: Robots, Fresadoras y Tornos.

### **EL control Numérico Computarizado.<sup>2</sup>**

Es un sistema de control automatizado, que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento. El Control Numérico Computarizado tiene las siguientes ventajas.

- ✓ Permite una mejor planeación de las operaciones.
- ✓ Se incrementa la flexibilidad de maquinado.
- ✓ Reducción en tiempo de programación.
- ✓ Mejor control del proceso y tiempos de maquinado.
- ✓ Disminución en los costos por herramientas.
- ✓ Se incrementa la Seguridad para el usuario.
- ✓ Reducción del manejo de la pieza de trabajo.

---

<sup>1</sup> Castiglione, N. (2011) Transmisión de los movimientos a los ejes de los routers.

<sup>2</sup> Jiménez, R. (2014). Control numérico por computadora (CNC).



- ✓ Aumento de productividad.
- ✓ Aumento en precisión.

### **Principio de funcionamiento<sup>3</sup>**

El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un algoritmo de control ejecutado por un ordenador. Se controlan los desplazamientos horizontales, verticales, y las que corresponden al eje Z. Para ello se incorporan motores eléctricos en los mecanismos de desplazamiento de la mesa de la fresadora; dependiendo de la capacidad de la máquina, esto puede no ser limitado únicamente a tres ejes.

### **Maquinas Fresadoras para procesar madera. <sup>4</sup>**

Una fresadora CNC es una Máquina Herramienta Computarizada que realiza trabajos mecanizados por arranque de viruta, el arranque de viruta es realizado por un motor de alta velocidad que puede ser de Corriente Continua o Corriente Alterna, que realiza el arranque de viruta con una herramienta llamada fresa.

Hay varios tipos de fresadoras computarizadas, los cuales se clasifican por el tipo, número de ejes, velocidad, numero de herramientas y según su aplicación:

Según el tipo se clasifican por, fresadoras verticales, horizontales, universal de uno o varios husillos.

- a) Fresadoras verticales: el eje del husillo es vertical, lo que significa que la herramienta se puede mover de arriba a abajo, acercándose o alejándose de la parte superior o de la superficie de la pieza.
- b) Fresadoras horizontales: el eje del husillo es horizontal, es decir que la herramienta puede moverse de lado a lado, acercándose o alejándose de la cara de la pieza.
- c) Fresadora universal: tiene un husillo principal para el acoplamiento de ejes portaherramientas horizontales y un cabezal que se acopla a dicho husillo y que convierte la máquina en una fresadora vertical.

---

<sup>3</sup> Jiménez, R. (2014). Control numérico por computadora (CNC).

<sup>4</sup> Echeverría L., Salazar J.C., Gortaire A.V (2010), Sangolqui, Ecuador. Diseño y simulación de una mini fresadora didáctica controlada por PC.

d) Según el número de ejes: hay maquinas CNC fresadoras de 2, 3, 4, 5, 6 o más ejes, dependiendo del número de ejes es mayor la complejidad de construcción y costo de una Maquina. Una aplicación para una máquina de 2 ejes es el de realizar cortes en dos dimensiones, mientras que una máquina de 3 ejes puede aparte de realizar cortes en dos dimensiones hacer relieves en una cara, y las máquinas de 4, 5, 6 a más ejes son capaces de hacer modelos en tres dimensiones sin restricciones.

e) Según la velocidad: para el fresado es muy importante la velocidad de desplazamiento de la maquina según sea su aplicación, por ejemplo, si se desea realizar modelos de metal la velocidad de desplazamiento es considerablemente menos que si se desea trabajar con madera, por eso se debe tener mucho en consideración el tipo de motor para realizar dicho desplazamiento.

f) Según número de herramientas y aplicación: las maquinas CNC requieren múltiples herramientas para realizar un trabajo, por ejemplo, en un trabajo con madera se puede utilizar una herramienta de limpieza, luego una herramienta de desbaste, y por ultimo una herramienta para el relieve, existe una gran variedad de herramientas, para fresado de modelos es posible tener 2, 3 o hasta 40 herramientas que realicen un trabajo. El uso de herramientas depende de la aplicación, por ejemplo, si se trabaja con metal, el material de las herramientas por lo general es de Carburo sólido, o con cubiertas de Titanio, etc. Para trabajos en madera hay herramientas de plomo con aleación de carburo, también se difieren en la forma de dichas herramientas.

### **Partes de una Fresadora de 3 ejes. <sup>5</sup>**

Las fresadoras de 3 ejes son relativamente complejas en su diseño, el tamaño y potencia de estas máquinas depende de la aplicación, en la siguiente imagen veremos las partes fundamentales.

---

<sup>5</sup> Echeverría L., Salazar J.C., Gortaire A.V (2010), Sangolqui, Ecuador. Diseño y simulación de una mini fresadora didáctica controlada por PC.

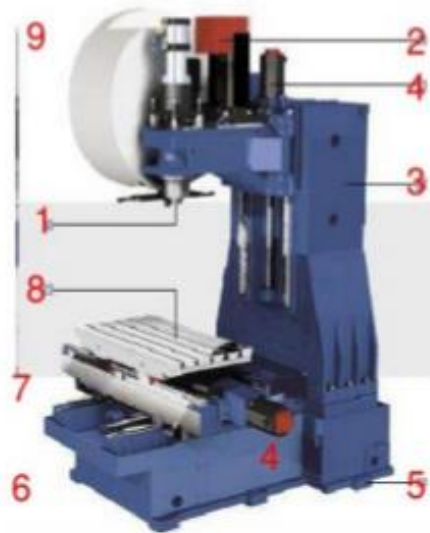


Figura 01. Partes de una fresadora de tres dimensiones

Fuente: Acuña, V. (2011). Centros de mecanizado CNC [figura]. Recuperado de [es.slideshare.net/VinicioAcuna/centros-de-mecanizado-cnc](https://es.slideshare.net/VinicioAcuna/centros-de-mecanizado-cnc)

1. Husillo principal o eje Z
2. Motor principal
3. Columna
4. Servomotores de avance
5. Base
6. Bancada
7. Mensula o eje Y
8. Mesa o eje X
9. ATC o carrusel

#### **Motores Paso A Paso. <sup>6</sup>**

Los motores paso a paso son de corriente continua que se mueven en pasos discretos, estos motores tienen múltiples bobinas llamadas fases, y estas fases al ser alimentadas en secuencias causa la rotación del eje del motor en pasos a un tiempo especificado. También son considerados como motores de alta precisión gracias a sus características constructivas, estos pueden llegar a ser tan precisos como sean posibles, lo cual hace que sean idóneos

---

<sup>6</sup> Conti Francisco. (2012) Motores paso a paso

para aplicaciones de movimiento con alto grado de precisión y velocidad como son en las deferentes maquinas CNC.

Los motores de movimiento indexado son considerados como, conversores electromagnéticos incrementales, estos al recibir información en forma de tren de pulsos eléctricos, el motor realiza la acción de movimiento angular de su eje.

Al ser motores de pasos, cada pulso nos indica un paso con un ángulo de giro, el tamaño del paso varía de acuerdo a las características constructivas, como cualquier motor de corriente continua este puede girar en sentido horario o anti horario.

Los motores paso a paso se puede posicionar eje del motor de acuerdo al número de pasos dados, y poder controlar su posicionamiento, también se puede controlar la velocidad de paso, el cual es directamente proporcional a la frecuencia de variación del tren de pulso eléctrico que llega a las bobinas del motor, estos actuadores son ideales para trabajar en sistemas que no tienen una retroalimentación



Figura 02. Motor paso a paso

Fuente: Earl, B. (2015). Motor [figura]. Recuperado de All About Stepper Motors (p.7).

### **Sistema de transmisión <sup>7</sup>**

La selección de un sistema de transmisión del movimiento a los ejes es fundamental para un óptimo rendimiento de una máquina, en las máquinas CNC por arranque de viruta, la continua fuerza que se ejerce al realizar esta operación causa una gran tensión en los ejes.

---

<sup>7</sup> Castiglione, N. (2011) Transmisión de los movimientos a los ejes de los routers.

Entre los sistemas de transmisión más utilizados tenemos el sistema de transmisión por tornillo de bolas re circulantes o ballscrew, transmisión por piñón y cremallera y transmisión por correa.

**a) Transmisión por tornillo de bolas: <sup>8</sup>**

Transforma movimiento rotatorio en

rectilíneo, garantiza una marcha suave, mínimo rozamiento y aceptable velocidad de trabajo, controla eficientemente con suma precisión, durante todos los desplazamientos, (Nicolás V.). Según su diseño tienen un prologado tiempo de vida, y su precisión aproximada es de una centésima de milímetro

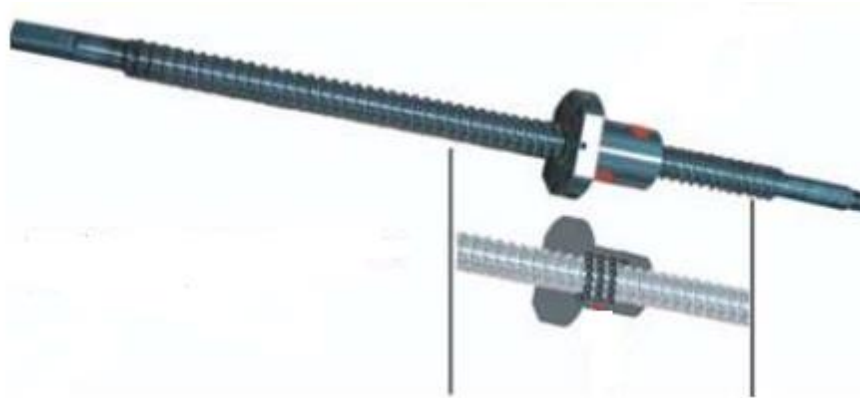


Figura 03. Tornillo de bolas circulares- ballscrew

Fuente: Castiglione, N. (2011). Sistemas de transmisión [Figura]. Recuperado de Transmisión de los movimientos a los ejes de los routers CNC (p. 35).

**b) Transmisión por piñón y cremallera:<sup>9</sup>**

generalmente usados en largos desplazamientos, con un régimen de velocidad de trabajo aceptable, Su precisión es de dos centésimas de milímetro

---

<sup>8</sup>

<sup>9</sup> Castiglione, N. (2011) Transmisión de los movimientos a los ejes de los routers.

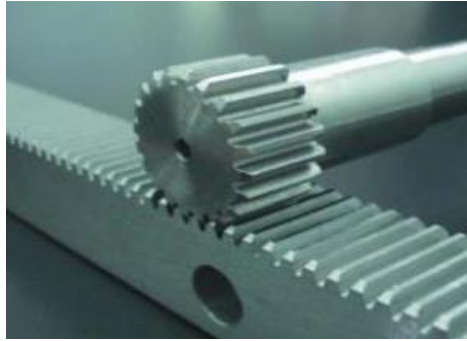


Figura 04. Piñón y cremallera

Fuente: Castiglione, N. (2011). Sistemas de transmisión [Fotografía]. Recuperado de Transmisión de los movimientos a los ejes de los routers CNC (p. 36).

c) Transmisión por correa de precisión: Es la opción más económica, que no requiere gran mantenimiento, es de fácil montaje y desmontaje, pero generalmente es usado para maquinas pequeñas, lo malo es que su vida útil no es extensa comparados con los otros sistemas.

El principal problema es el estiramiento, si se usa en una maquina pequeña el estiramiento no es un gran problema, pero si se usa en una máquina de grandes dimensiones el estiramiento es un problema serio que se debe tener en cuenta.



Figura 05. Correa de precisión

Fuente: Castiglione, N. (2011). Sistemas de transmisión [Fotografía]. Recuperado de Transmisión de los movimientos a los ejes de los routers CNC (p. 41).

### **Motor principal o Spindle <sup>10</sup>**

Este motor es esencial en toda máquina CNC fresadora, los demás sistemas están ahí para controlar a este motor, por ejemplo: Donde debe ir, que tan rápido debe ir, o cuando debe encenderse o apagarse. La selección de este motor es muy importante según la aplicación que se le dé.

Existen dos tipos de motor spindle más utilizados, motores de corriente continua DC, y motores trifásicos.

#### **a) Los motores de corriente continua (DC):**

Por lo general son más económicos, son más fáciles de controlar, pero al tener escobillas tienen un menor tiempo útil de vida y pierden torque en bajas revoluciones.



Figura 06. Motor Spindle de corriente continua

Fuente: T-king (2015). Air cooled spindle motor [Fotografía]. Recuperado de [www.amazon.com/T-king-Spindle-Engraver-Engraving12000rpm/dp/B015HK2L90](http://www.amazon.com/T-king-Spindle-Engraver-Engraving12000rpm/dp/B015HK2L90)

#### **b) Los motores de corriente alterna trifásicos:**

Son más costosos, más difíciles de controlar, pero al no tener escobillas tienen un tiempo de vida mucho mayor y además mantienen su torque en diferentes revoluciones.

---

<sup>10</sup> Conti Francisco. (2012), Motores paso a paso.



Figura 07 Motor Spindle trifásico de corriente alterna

Fuente: Jiangsu (2016). High speed air cooling spindle [Fotografía]. Recuperado de [spindlemotor-china.en.made-in-china.com/product/XNfJtAv](http://spindlemotor-china.en.made-in-china.com/product/XNfJtAv)

Para saber cuál es el motor ideal según su aplicación se debe tener en cuenta algunos criterios, como son:

**a) Velocidad máxima del motor:<sup>11</sup>**

La velocidad de un motor Spindle depende de los materiales que se plantean trabajar, haciendo un análisis de la aplicación se puede determinar si se necesita un motor de alta precisión, alto rendimiento o alta velocidad. Los motores de baja revolución son utilizados generalmente en un rango de 1000 – 5000 rpm, estos motores con baja revolución son utilizados en materiales duros como pueden ser: Metal, Aluminio, Madera y algunos tipos de plásticos, esto con la finalidad de evitar que la herramienta se caliente al realizar los cortes. Los motores de alta revolución, tienen una velocidad de 18,000 rpm a más, este tipo de motores es utilizado generalmente para hacer grabados y utilizados en materiales estructuralmente suaves, también ofrecen la oportunidad de maximizar la velocidad de desplazamiento y así reducir el tiempo de trabajo.

**b) Torque del motor:**

La mayoría de los fabricantes de este tipo de motores ofrecen un gráfico con una curva de torque versus velocidad, esto es fundamental porque los motores pierden torque en altas revoluciones y esto puede afectar significativamente el rendimiento del motor.

---

<sup>11</sup> Conti Francisco. (2012), Motores paso a paso.



### **c) Motores con cepillos:**

Los motores con cepillos tienen una varilla de carbón que se mantienen contra el colector o cabezal central del motor por medio de muelles, las ventajas de este tipo de motores es que son de bajo costo, generalmente utilizado en materiales suaves, como por ejemplo madera, acrílico, etc. Es de arranque suave, velocidad ajustable y capaz de funcionar a altas revoluciones.

En cuanto a las desventajas, son menos eficientes debido a la fricción de las varillas de carbón, generan calor con la fricción, no son diseñados para trabajar de forma continua, requieren mayor mantenimiento y su tiempo de vida útil es menor en comparación a los demás tipos de motores.

### **Sensor Final de Carrera <sup>12</sup>**

El final de carrera o Sensor de contacto también conocido como (interruptor de límite), limit switch, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose en general en todas las maquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo.

### **La Computadora**

Una computadora es un sistema digital con tecnología microelectrónica capaz de procesar datos a partir de un grupo de instrucciones denominado programa. La estructura básica de una computadora incluye microprocesador (CPU), memoria y dispositivos de entrada/salida (E/S), junto a los buses que permiten la comunicación entre ellos. La característica principal que la distingue de otros dispositivos similares, como una calculadora no programable, es que puede realizar tareas muy diversas cargando distintos programas en la memoria para que los ejecute el procesador.

---

<sup>12</sup> Katsuhiko Ogata (2007), Ingeniería de control moderna-3ra edición.

### El puerto paralelo

La conexión del puerto paralelo al mundo exterior se realiza mediante un conector hembra DB25. Observando el conector de frente y con la parte que tiene mayor número de pines hacia arriba, se numera de derecha a izquierda y de arriba a abajo, del 1 al 13 (arriba) y del 14 al 25 (abajo).

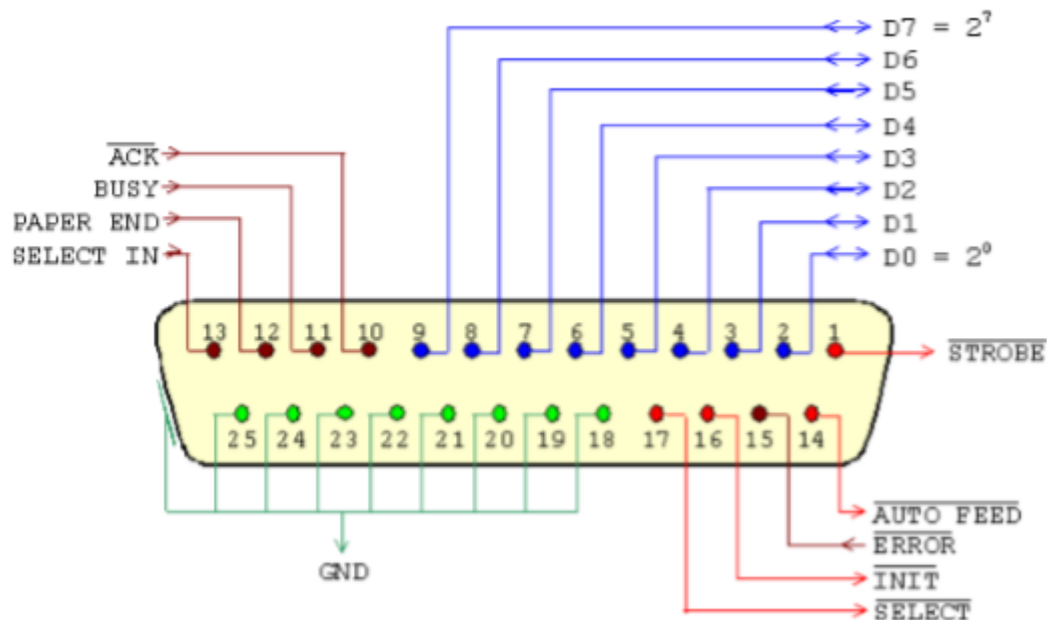


Figura 08: puerto paralelo y sus partes

Fuente: Miletí, P. (2010). El puerto paralelo

Dónde: los pines 2-9 (D0-D7), son bits de datos o salida de datos, además sus valores son únicamente modificables a través de software. Los pines 10 – 13 y 15 son de entrada de datos, únicamente modificables a través del hardware externo. Los pines 1, 14, 16 y 17 son bits de control. Habitualmente son salidas, aunque se pueden utilizar también como entradas y, por tanto, se pueden modificar tanto por software como por hardware. Los pines 18 - 25 son la tierra o masa.

### **Tipos de puerto paralelo**

Existen 4 tipos de puerto paralelo, el puerto paralelo estándar (SPP), Puerto Paralelo PS/2 (bidireccional), Enhanced Parallel Port (EPP), Extended Capability Port (ECP), la diferencia sintetizada de estos puertos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 02: Comparación de los puertos existentes				
	<b>SPP</b>	<b>PS/2</b>	<b>EPP</b>	<b>ECP</b>
<b>Fecha de introducción</b>	1981	1987	1994	1994
<b>Fabricante</b>	IBM	IBM	Intel, Xircom y Zenith Data Systems	Hewlett Packard y Microsoft
<b>Bidireccional</b>	No	Si	Si	Si
<b>DMA</b>	No	No	No	Si
<b>Velocidad</b>	150 Kbyte/seg.	150 Kbyte/seg.	2 Mbyte/seg.	2 Mbyte/seg.

Tabla: comparación de los puertos existentes

Fuente: Fernández, J. (2011). Puerto paralelo

IBM especificó direcciones base para el puerto paralelo estándar (dentro del espacio de direccionamiento de Entrada/Salida del 80x86). El adaptador de impresora podría usar la dirección base 3BCh, o más tarde 378h o 278h. El BIOS (Basic Input Output System) de IBM crea en el momento de arranque o POST (Power On Seft Test) una tabla en el espacio de la memoria principal (RAM) para 4 direcciones base de puerto paralelo de impresora, estos se almacenan como 4 bytes empezando con la dirección de memoria 408h. Durante el arranque, el BIOS comprueba si hay puertos paralelos en las direcciones base 3BCh, 378h, y 278h, en ese orden, la asignación de direcciones normalmente es:

### **Identificar el tipo de puerto y dirección**

Para realizar esta operación se debe encender el computador y buscar en: Panel de control – Sistema – Hardware – Administrador de dispositivos – Puertos (COM, LPT)

### **MACH 3**

Mach 3 es un programa de computadora que permite la comunicación con los motores, este sistema es accesible y muy fácil de aprender, este programa permite automatizar una maquina CNC, este sistema es uno de los controles más versátiles de la industria. Este controlador es completamente compatible con la mayoría de los sistemas CAD-CAM y maquinas en el mercado, mach3 se ejecuta de forma gratuita por un periodo limitado de tiempo como una versión de demostración.

En el punto "1", es la ventana que muestra el código G con su respectiva barra de desplazamiento. El punto "2" corresponde al desplazamiento de los ejes X, y, Z Y Un cuarto eje. En el punto "3" se muestra una vista previa del trabajo a realizarse, sea en dos o tres dimensiones. En el punto "4" se muestra los botones primarios como Cycle Start, Reed Hold, Stop hasta los de modificación de código como el botón Edit G-Code, En el punto "5" se controla algunas funciones especiales como puede ser el Auto Tool Zero que mediante una sonda facilita en encontrar la altura entre el material y la herramienta. En el punto "6" se muestra todos los controles de los motores en Ejes, se puede controlar tanto su velocidad, y algunas funciones extra. En el punto "7" se muestran todos los controles del Motor Spindle tanto como su velocidad, encendido y apagado, hasta es posible controlar estas funciones cuando se esté en uso.

Entre las características principales de este programa se encuentran:

Controles de usuario, controlar una herramienta con movimiento relativo puede ser una fresadora, controlar dos o tres ejes que están en ángulo recto entre ellos, como pueden ser los ejes X, Y e Z, controlar un motor Spindle, controlar su encendido o apagado, así como su velocidad, hasta tres ejes adicionales, estos pueden ser rotativos, son medidos en grados, además uno de estos ejes adicionales puede ser puesto como esclavo de uno de los ejes X,

Y ó Z. Permite modificar directamente el código G, e incluso escribir líneas de código directamente en el programa mediante la línea MDI y también cuenta con una ventana de avance lento mediante un control Jogging.

### **Encendido Retardado De Un Sistema**

El encendido retardado de un sistema es un método de protección cuando dichos sistemas requieran una preparación anticipada, por ejemplo: cuando el sistema utiliza capacitores de carga y descarga es indispensable que se utilice una protección de encendido retardado ya que los capacitores necesitan cargarse antes de que todo el sistema funcione correctamente. Este tipo de sistemas se implementa en diversas configuraciones, ya sea con un temporizador NE555, un microprocesador, etc.

### **Códigos “G y M”**

La programación de las máquinas de Control Numérico Computarizado se realiza mediante un lenguaje de bajo nivel llamados códigos “G” y códigos “M”, estos códigos son lenguajes de tipo vectorial donde se describen acciones simples y entidades geométricas sencillas, como, por ejemplo: Segmentos de recta y arcos de circunferencia, también describen parámetros de maquinado como: Velocidades de husillo y avance de herramienta. Existen diferentes dialectos de programación en códigos G y M, pero se dio una estandarización promovida por la ISO.

A continuación, se muestra una lista de los códigos G para fresadoras CNC

G00 Posicionamiento rápido

G01 Interpolación lineal

G02 Interpolación circular

G03 Interpolación circular anti horaria

G04 Compás de espera

G15 Programación en coordenadas polares

G20 Comienzo de uso de unidades imperiales

G21 Comienzo de uso de unidades métricas

G28 Volver al home de la máquina  
G40 Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta  
G41 Cancelar compensación de radio de herramienta a la izquierda  
G42 Cancelar compensación de radio de herramienta a la derecha  
G50 Cambio de escala  
G68 Rotación de coordenadas  
G73 Ciclos encajonados  
G74 Perforado con ciclo de giro anti horario para descargar virutas  
G76 Alesado fino  
G80 Cancelar ciclo encajonado  
G81 Taladrado  
G82 Taladrado con giro anti horario  
G83 Taladrado profundo con ciclos de retracción para retiro de viruta  
G90 Coordenadas absolutas  
G91 Coordenadas relativas  
G92 Desplazamiento del área de trabajo  
G94 Velocidad de corte expresada en avance por minuto  
G95 Velocidad de corte expresada en avance por revolución  
G98 Retorno a nivel inicial  
G99 Retorno a nivel R  
G107 Programación del 4to eje

#### **Códigos Misceláneos "M"**

M00 Parada  
M01 Parada opcional  
M02 Reset del programa  
M03 Hacer girar el husillo en sentido horario  
M04 Hacer girar el husillo en sentido anti horario  
M05 Frenar el husillo

M06 Cambiar de herramienta

M08 Abrir el paso del refrigerante

M09 Cerrar el paso de los refrigerantes

M10 Abrir mordazas

M11 Cerrar mordazas

M13 Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante

M14 Hacer girar el husillo en sentido anti horario y abrir el paso de refrigerante

M30 Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio.

M38 Abrir la guarda

M39 Cerrar la guarda

M62 Activar salida auxiliar 1

M67 Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON

M71 Activar el espejo en Y

M80 Desactivar el espejo en X

M81 Desactivar el espejo en Y

M98 Llamada a subprograma

M99 Retorno de subprograma

### **Herramientas de desbaste.**

Existe una gran variedad de herramientas llamadas fresa o broca, estas se clasifican según:

El material de corte, tipo de corte y durabilidad. Herramienta de Tungsteno, este tipo de herramienta es generalmente usado en: Madera, PVC, Acrílico. Herramienta de carburo, este tipo de herramienta es generalmente usado en: Madera, PVC, Acrílico, aluminio suave. Herramienta de carburo sólido, utilizado generalmente en aluminio, metal y metal duro.

### Filtro PI.

El filtro Pi, compuesto por un capacitor – bobina – capacitor, es indispensable en toda máquina industrial ya que este filtro se encarga de eliminar las subidas y caídas de tensión que existen en la red de tensión.

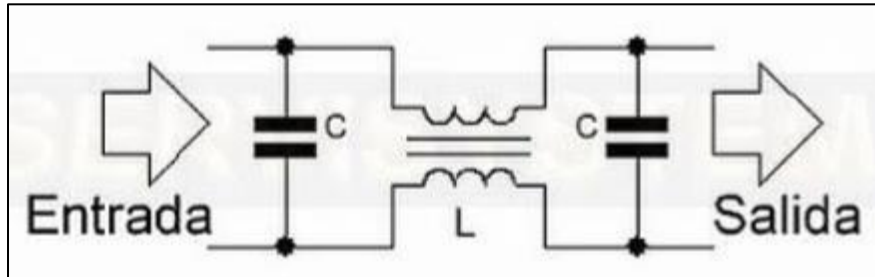


Figura 09 configuración de un filtro.

Fuente: Roque, C. (2009). Filtros

### Automatización:

Es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos.

### CNC (Control Numérico por Computador):

Es todo dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real. Para maquinar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte.

### Fresado:

Consiste principalmente en el corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos, que se llaman dientes, labios o plaquitas de metal duro, que ejecuta movimientos de avance programados de la mesa de trabajo en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza que se mecaniza.



**Fresa:**

Es una herramienta circular, de corte múltiple, usada en máquinas fresadoras para el mecanizado de piezas. Los dientes cortantes de las fresas pueden ser rectilíneos o helicoidales, y de perfil recto o formando un ángulo determinado.

**Fresadora:**

Es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas desde superficies planas a otras más complejas.

**Husillo:**

Es una parte de la fresadora donde se encuentra en la porta herramientas con su respectivo motor para la mecanización de la pieza.

**La fuerza de corte:**

Es un parámetro a tener en cuenta para evitar roturas, deformaciones en la herramienta y en la pieza, para poder calcular la potencia necesaria para efectuar un determinado mecanizado.

**La profundidad de corte:**

Es la profundidad de la capa arrancada de la superficie de la pieza en una pasada de la herramienta.

**Máquina Herramienta:**

Es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a materiales sólidos, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas

estacionarias. El moldeado de la pieza se realiza por la eliminación de una parte del material, que se puede realizar por arranque de viruta, por estampado, corte o electroerosión.

**Maquinabilidad:**

Es una propiedad de los materiales que permite comparar la facilidad con que pueden ser mecanizados por arranque de viruta.

**Velocidad de avance:**

Es la velocidad relativa entre la pieza y la herramienta, es decir, la velocidad con la que progresa el corte.

**Diseño metodológico**

**Tipo de Investigación/Universo/Muestra**

Es un tipo de Investigación aplicada, experimental ya que para tener los resultados de la presente investigación se desarrollará el diseño del proyecto, Control Numérico por Computadora.

El universo de estudio de la presente investigación serán pequeñas empresas tales como Pymes, carpinterías a nivel artesanal en Nicaragua, los cuales tiene problemas con la calidad de su producto final por la falta de una tecnología adecuada.

La muestra representativa del universo de estudio; El Programa Institucional de la madera; ya que se utilizarán los laboratorios y software del programa para el desarrollo de esta investigación.

**Técnicas e instrumentos para recolectar información**

Inicialmente se realizará búsqueda de información secundaria conceptos básicos y avanzados relacionados a una Máquina de Control Numérico Computarizado, se detalla métodos de diseñar las diferentes partes o sistemas de la máquina, también se hace una

comparación para la adecuada selección de un sistema, esto es fundamental para que el diseño de la máquina esté optimizado según su aplicación.

Se utilizarán como referencia las tesis descritas en los antecedentes ya que ellos utilizaron una metodología para el diseño de una maquina CNC, pero con aplicaciones diferentes y además obtuvieron resultados positivos.

"Diseño y Análisis de una Pequeña Máquina de Fresado CNC de Bajo Costo", Un segundo trabajo realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, correspondiente a Alonso (2015), que se denomina, tiene como objetivo principal diseñar un cortador láser CNC de bajo costo y así ser asequible para los potenciales usuarios, aunque la aplicación de este trabajo es diferente a nuestro diseño, aporta investigación en el principio de funcionamiento.

Posteriormente se procederá al desarrollo del trabajo, es aquí donde se describe los sistemas usados en el diseño de cada parte de la máquina, se fundamenta el por qué optó por un sistema u otro, en una primera parte se detalla la selección de materiales como motores, sistema de transmisión y otros aspectos, en una segunda parte se detalla el diseño de la estructura de la máquina mediante el diseño de planos en 2D y 3D, como una tercera parte se detalla el diseño e implementación de la tarjeta de control que interpreta los datos de la computadora a los actuadores, y como una última parte se describe el diseño de un controlador y un software que se encargan de optimizar y automatizar el sistema de limpieza, esta última parte tiene como objetivo optimizar los sistemas de limpieza tradicionales.

#### **Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.**

El programa Auto Cad se utilizará para la elaboración de planos constructivos en 2D, se debe detallar el dimensionamiento y nombrar cada pieza y elemento.

El programa Google Sketchup se utilizará para la elaboración de vistas constructivas en 3D, se debe utilizar el dimensionado de cada pieza, se recomienda utilizar el interfaz para importar de Auto Cad a Google Sketchup para mantener simetría en los diseños.

Mach 3 es un programa de computadora que permite la comunicación con los motores, este sistema es accesible y muy fácil de aprender, este programa permite automatizar una maquina CNC; Este controlador es completamente compatible con la mayoría de los sistemas CAD-CAM y maquinas en el mercado, además mach3 se ejecuta de forma gratuita por un periodo limitado de tiempo como una versión de demostración.

#### Códigos "G y M"

La programación de las máquinas de Control Numérico Computarizado se realiza mediante un lenguaje de bajo nivel llamados códigos "G" y códigos "M", estos códigos son lenguajes de tipo vectorial donde se describen acciones simples y entidades geométricas sencillas.

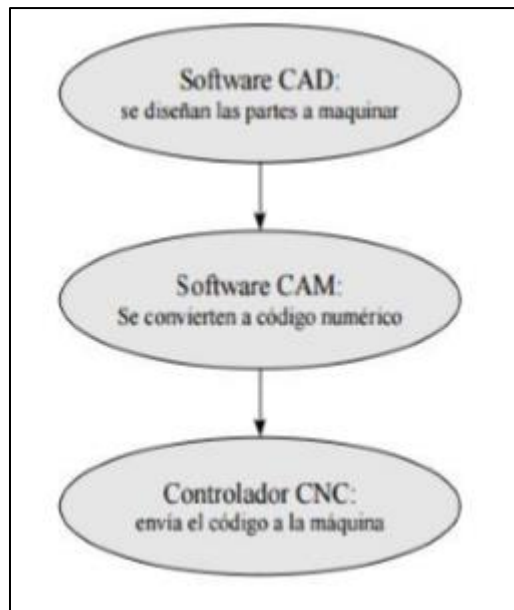


Figura 10 Proceso de diseño CAD-CAM-CNC

Fuente: Rojas, O. Salas, J. (2014), Producción automatizada de sistemas

## **Selección de componentes**

En esta sección veremos todos los criterios utilizados en la selección de los materiales necesarios en la construcción de la máquina, así como el sustento teórico detrás de ellos

### **Selección de Motor de Desbaste "Spindle"**

Los motores de desbaste encargados de realizar el trabajo de sustraer material de la madera se llaman motores Spindle, estos motores tienen la característica especial que son capaces de girar a muy alta velocidad, en este caso será utilizado para hacer el fresado de madera, entonces se tomaron los siguientes criterios para su justificación.

Como primer criterio: según la dureza de la madera solo se requiere un motor de baja potencia, incluso una madera muy dura no requiere un gran torque para la sustracción de material en la madera.

Segundo: para hacer trabajos con madera dura se necesita bajas revoluciones, pero al trabajar con maderas muy blandas se necesitan revoluciones altas.

Tercero: estos motores al girar a altas revoluciones generan mucha fricción por lo que tienen un sistema de refrigeración, los más comerciales son los motores refrigerados por aire o por agua, en nuestro diseño se optó el motor refrigerado por aire, puesto que requiere menor mantenimiento.

Cuarto: también existen varios tipos de alimentación para estos motores: los más usados son: los motores de corriente continua (DC), y los motores de corriente alterna (AC) trifásico, en nuestro diseño usamos motores de corriente continua (DC), puesto que son más económicos y el costo de la electrónica también es baja. Entonces según los criterios ya mencionados para nuestro diseño utilizamos el siguiente motor:

Tabla 07: Características del motor paso a paso utilizado	
Característica	Valor
Marca	TwoWin
Potencia	500W
Torque	5 Kg/cm
Velocidad	0 – 100V / 0 – 18000rpm
Resistencia de Aislamiento	Mayor a 2 Mega Ohm
Rigidez dieléctrica	400V
Diámetro	52mm
Longitud total del motor	200mm
Descentramiento del Eje	0.01-0.03mm

Tabla: características de motor paso a paso utilizado

Fuente: Hanponse, SH (2016). Motor del Husillo de fresado



Figura:11 Motor Spindle de corriente continúa

Fuente: Hanponse, SH (2016). Motor del Husillo de fresado.

### Diseño de los Ejes X e Y

Motores: los motores encargados de mover los Ejes X, Y e Z, para realizar esta operación existen varias alternativas, y los criterios para la selección fueron:

Primero: los métodos más adecuados son 3: Un servo motor, un motor paso a paso con realimentación o un motor maso a paso sin realimentación (Hassan 2003).

Segundo: veremos la diferencia entre un servo motor y un motor paso a paso.

Característica	Servo Motor	Motor Paso a Paso sin realimentación
<b>Torque</b>	Los servomotores tienen un bajo torque a bajas velocidades, pero tienen un buen torque a altas velocidades.	Los motores paso a paso tienen un buen torque a bajas velocidades, pero en altas velocidades pierden pasos.
<b>Costo</b>	Los servos motores son tres veces más costosos que los motores paso a paso puesto que necesitan un sistema adicional de realimentación.	Los motores paso a paso al no tener sistema de realimentación son más económicas pero no son capaces reconocer la pérdida de un paso.
<b>Aplicación</b>	Los servo motores son usados en sistemas de lazo cerrado	Los motores paso a paso pueden ser usados en sistemas a lazo cerrado como también en lazo abierto.

Tabla: Consideraciones para elegir un motor paso a paso

Fuente: elaboración propia.

Entonces según los criterios ya vistos optamos por un motor Paso a Paso por su bajo costo, poco mantenimiento y por ser de alto torque y precisión en bajas revoluciones, a continuación, se muestra las características de los motores utilizados.

Característica	Valor
<b>Potencia</b>	40W
<b>Torque</b>	13 Kg/cm
<b>Rated Current/Phase</b>	2.5A
<b>Phase resistance</b>	1.1 Ohm
<b>Costo</b>	USD. 32.94

Tabla: motor seleccionado para eje "Z"

Fuente: Yuntat (2017). Nema 23 Stepper Motor.

### **Selección del sistema de transmisión**

Para la transmisión del movimiento de los motores a los ejes de la maquina analizaremos 3 posibilidades, Transmisión por tornillo de bolas, Transmisión por piños y cremallera, transmisión por correa de precisión.

En nuestro diseño se utilizó un sistema de transmisión por correa puesto que al ser una maquina relativamente pequeña y con el objetivo de fresar madera, no se tendrá una gran tensión en los ejes, son fáciles de reemplazar y tiene un bajo costo.

### **Algoritmo de control.**

Se diseñó un algoritmo de control para automatizar la máquina donde, como un primer paso se carga el archivo de código g, que se genera de la siguiente manera:

Para la creación de un código g, primeramente, pasa por un software CAD como pueden ser: Autocad, 3D max, Solid work, etc, luego se procesa el modelo en un software CAM como pueden ser: ArtCam, CamBam, Rhino, etc... Y luego se obtiene el código G que pasa al controlador de la máquina CNC. Una vez creado el archivo de código G, se procede al maquinado que será controlado con el siguiente algoritmo de automatización:



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC), PARA UNA FRESADORA DE MADERA EN TRES DIMENSIONES".

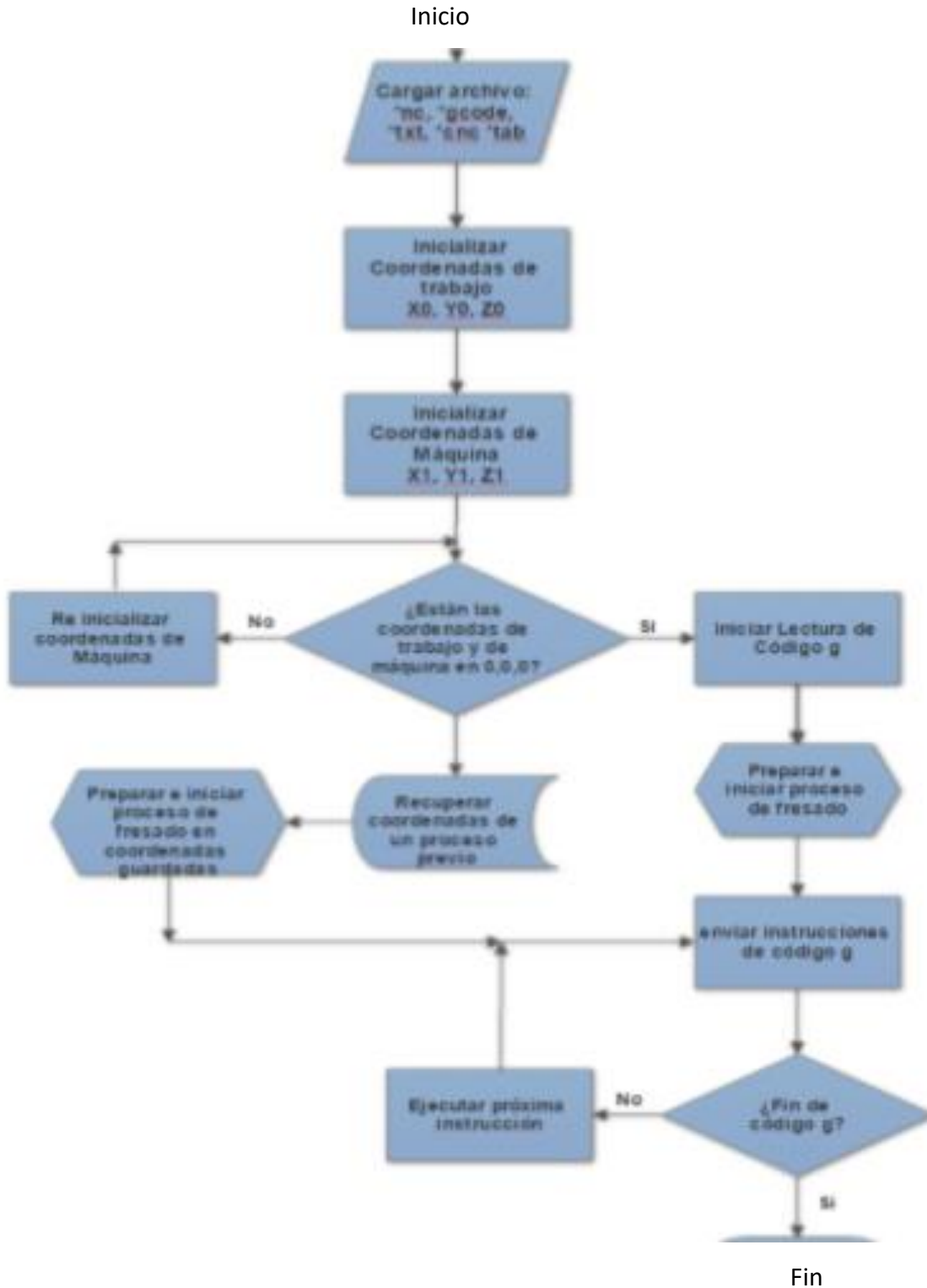


Figura:12 Algoritmo de control máquina CNC fresadora.

Fuente: Elaboración propia.

### Diseño de la Máquina

Para la implementación de la máquina CNC, los diseños se hicieron en varias etapas, primeramente, se diseñó la estructura, es en la estructura donde van montados todos los componentes necesarios de la máquina, como por ejemplo: Motores, finales de carrera, fuente de alimentación, etc.

Como segundo paso se analizó la potencia requerida de los motores paso a paso, y luego se diseñó una placa de control, luego como tercer paso se diseñó un software y placa de control de un sistema de optimización para la limpieza de material sobrante. Las dimensiones de la maquina son de: 65 x 65cm, con una altura de 60cm, y el área de trabajo es de 45x45cm con una altura de 15cm.

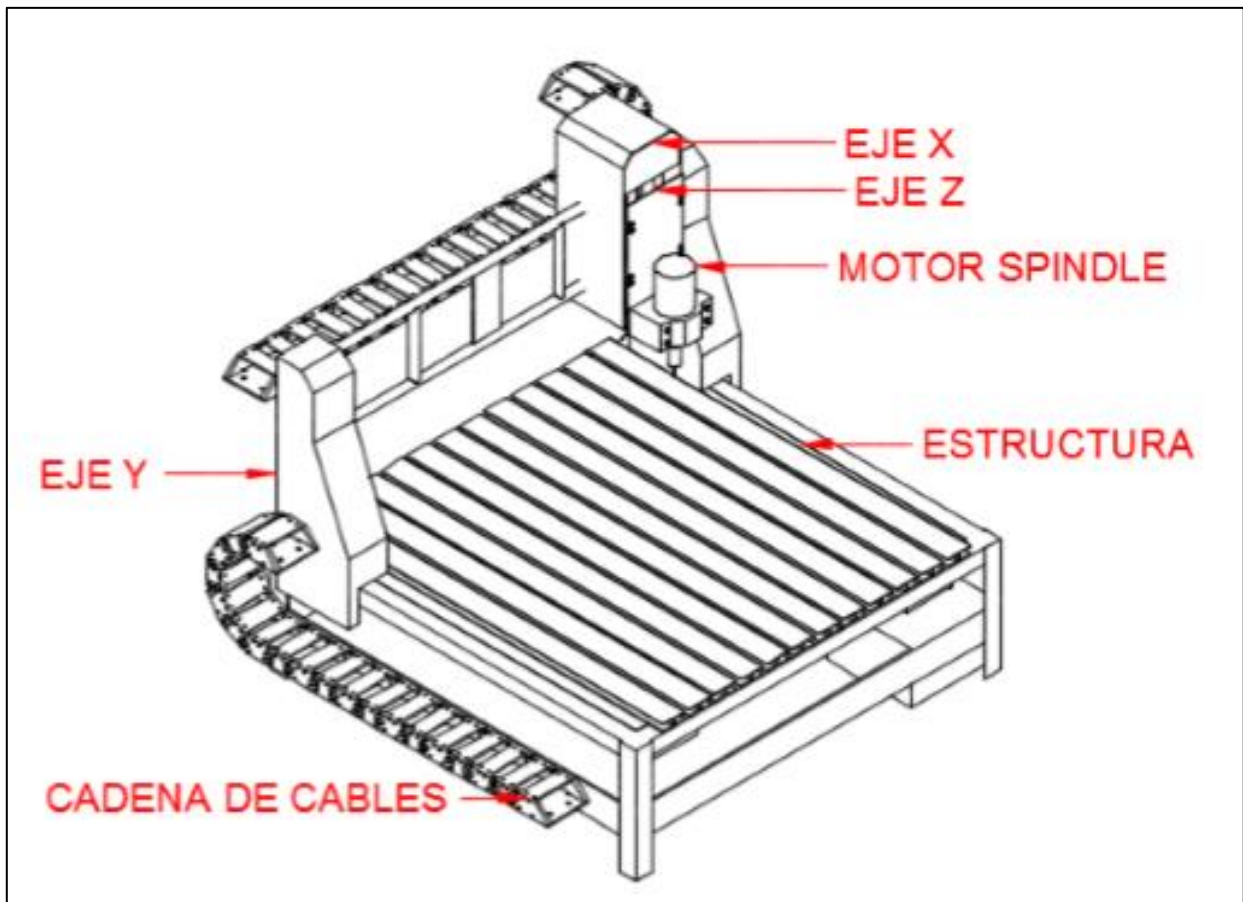


Figura:13 Diseño de la máquina CNC en vista general.

Fuente: Diseño 3D en Autocad Student.

### Diseño de la estructura

La estructura es una parte fundamental de una máquina, puesto que afecta directamente a la estática y rigidez dinámica de estas, para favorecer este propósito se diseñó una máquina de cabezal móvil, por ser el más apropiado para el montaje, desmontaje y fresado de madera. La dimensión aproximada de la estructura es de: 65 x 65cm, con una altura de 20cm. Para el sistema de sujeción se pusieron aluminios en forma H, con una separación de 5mm uno del otro.

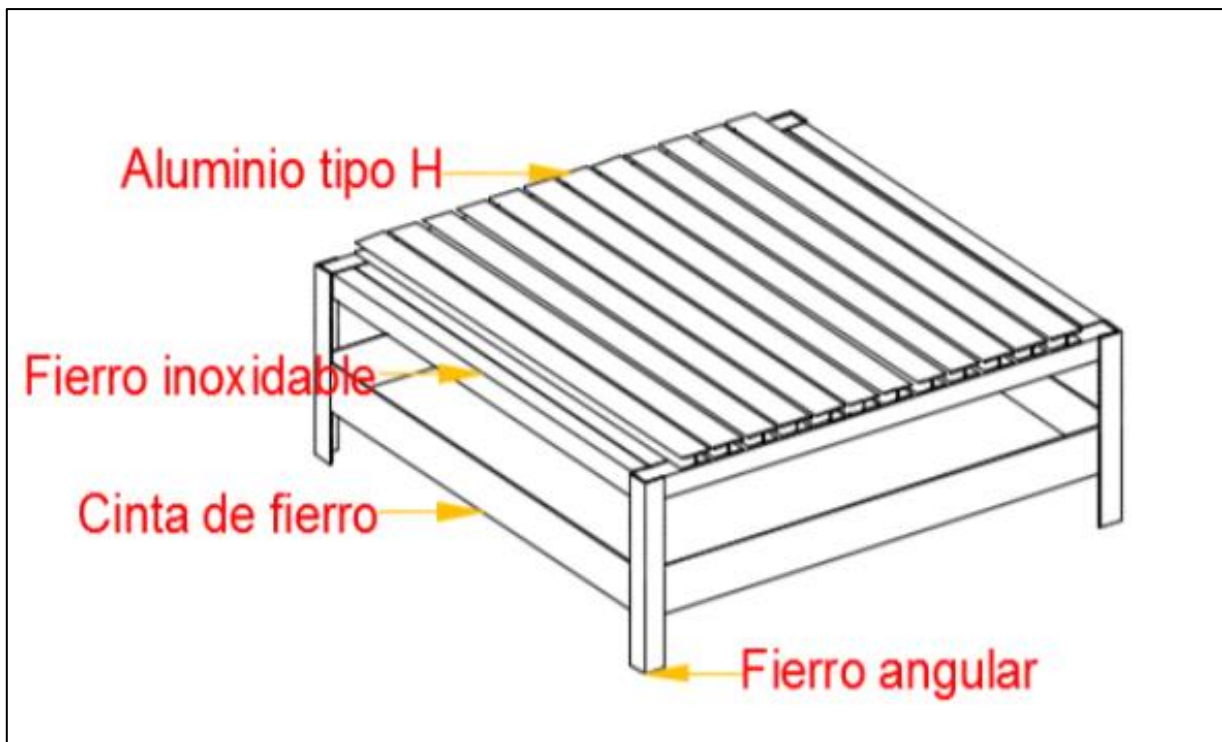


Figura: 14 Diseño de la mesa.

Fuente: Diseño 3D en Autocad Student

### Diseño del Eje X

En el Eje X se hizo un sistema robusto y ajustable, para que así ante el desgaste de las varillas de acero se pueda hacer un nuevo ajuste, también cuenta con 08 rodamientos de 1.5cm de diámetro anclados a un fierro angular de 2.5cm x 10cm de largo.

En la parte superior e inferior se puso 02 planchas de fierro de 3mm de grosor, estas planchas se encargan de controlar toda la presión realizada por los 04 pernos de ajuste.

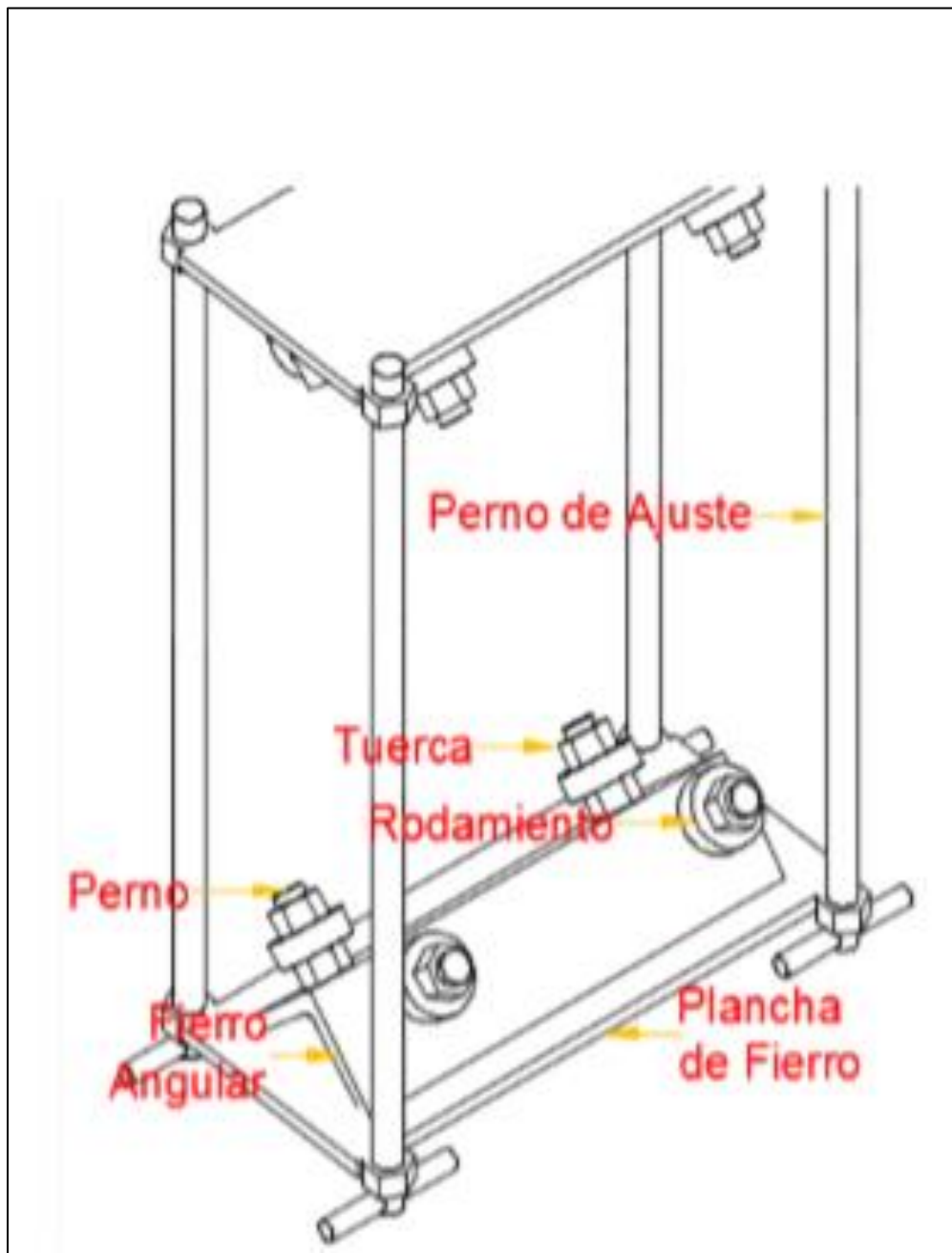


Figura: 15 diseño de eje X

Fuente: Diseño 3D en Autocad Student

### Diseño del Eje Y

En el eje Y se realizó un sistema de desplazamiento compuesto por 03 piezas unidas por soldadura y un par de brazos que soportan 02 motores que actúan en el eje X, también cuenta con una estructura de varillas de acero. Para una mayor robustez en la parte posterior se utilizó una varilla de fierro en forma T.

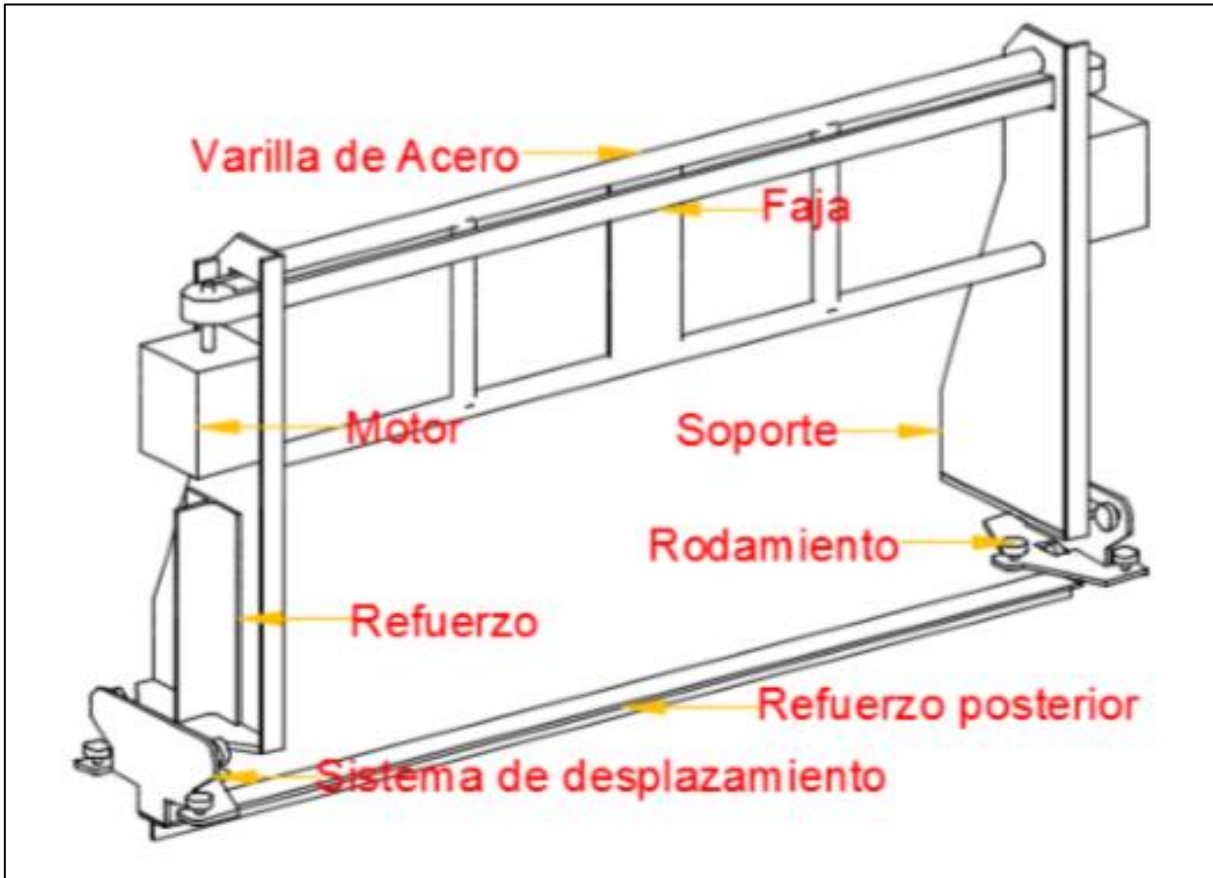


Figura: 16 Diseño de eje Y

Fuente: Diseño 3D en Autocad Student

### Diseño del Eje Z

Para el eje Z se diseñó una pieza de plástico hecha con una impresora 3D, el objetivo de esta pieza de plástico es contener 06 rodamientos de 1.5cm de diámetro con la finalidad de hacer un desplazamiento en el eje Z, esta pieza fue fundamental para ahorrar espacio y aumentar robustez.

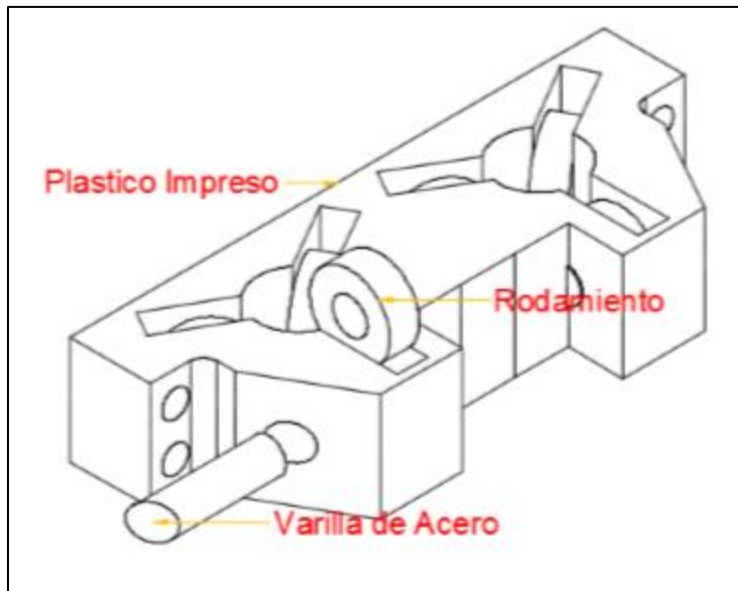


Figura: 17 Impresión del plástico

Fuente: Diseño 3D en Autocad Student

Para este eje se utilizó un motor paso a paso de mayor potencia debido al torque necesario para subir el peso del Motor Spindle.

Para la sujeción de las 02 varillas de acero se hizo una pieza de plástico impresa para la parte superior y 02 bujes soldados en la parte inferior, esto con el objetivo de una fácil extracción de las varillas de acero para un mantenimiento o reemplazo de estas.

Se utilizaron planchas de hierro de 3mm de grosor para hacer la estructura de este eje, uno en la parte del motor que va unido al eje X mediante soldadura, y el otro una plancha que se desliza en el eje Z, que además es donde se ubica el motor Spindle.

El sistema de transmisión de potencia del motor a desplazamiento en el eje Z es una faja de 25cm de largo por 1cm de grosor.

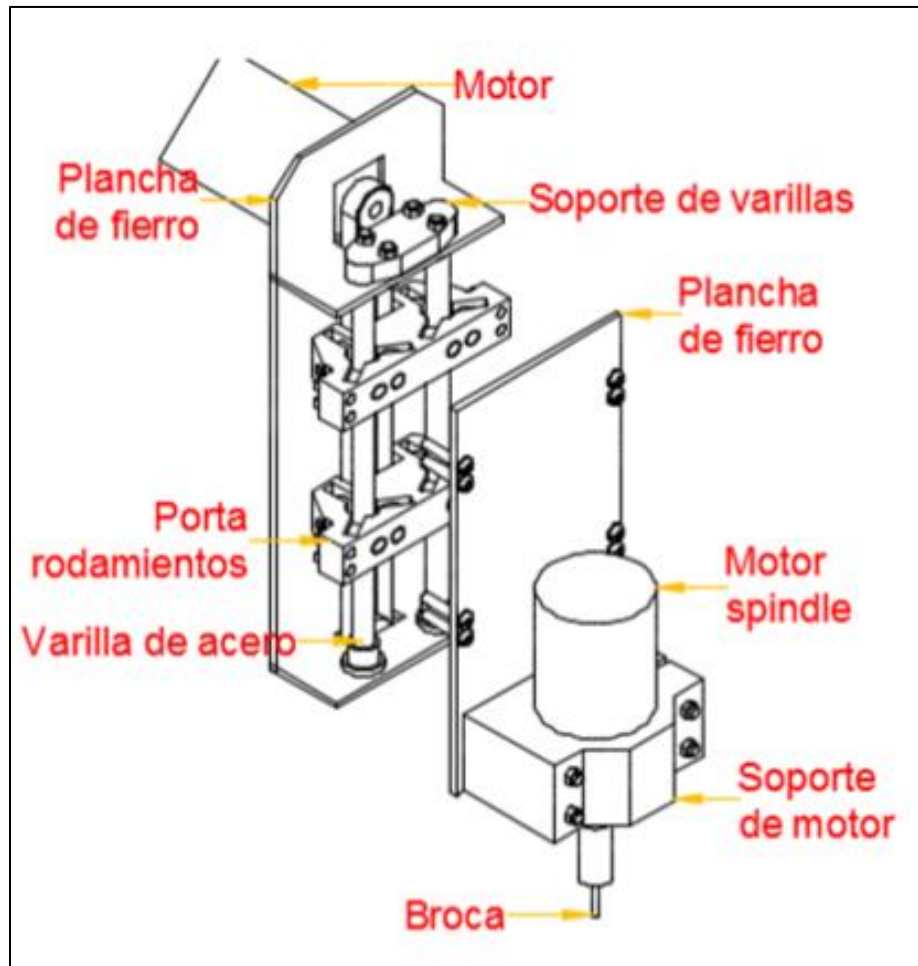


Figura:18 Diseño del eje Z

Fuente: Diseño 3D en Autocad Student.

### Diseño de la tarjeta de control

La tarjeta de control que sirve de comunicación entre la computadora y la máquina consta de 2 partes, la primera es el que recibe los datos directamente de la computadora para luego mandar estos datos a una segunda parte de potencia que controla a los motores paso a paso.

Para controlar los motores paso a paso se utilizó el Circuito Integrado TB6560, este integrado hace la función de un puente H doble, fue diseñado y es fabricado por TOSHIBA especialmente para motores paso a paso, nos ofrece los siguientes beneficios: Soporta una corriente máxima de 3.5Amp encapsulando Mosfets, diodos y demás componentes necesarios para realizar un puente H doble, al ser encapsulado ahorra espacio y facilita el



diseño de la placa de control, corriente de salida variable, velocidad de control variable y es capaz de dividir cada paso del motor paso a paso incluso en 1 a 8, esto quiere decir que si nuestro motor en cada paso gira 1.8 grados, con este controlador será capaz de girar a 0.22 grados, aumentando la resolución de nuestros modelos.

Circuito Integrado 6N137: Se utilizó el Circuito Integrado 6N137, que es un opto acoplador, la función de este integrado es separar la parte de lógica de la computadora de la parte de potencia, que es el integrado TB6560, es indispensable el uso de este opto acoplador en los pines de Pasos y Dirección del integrado TB6560 debido a que estos son de alta frecuencia, entonces este integrado evita la pérdida de pulsos.

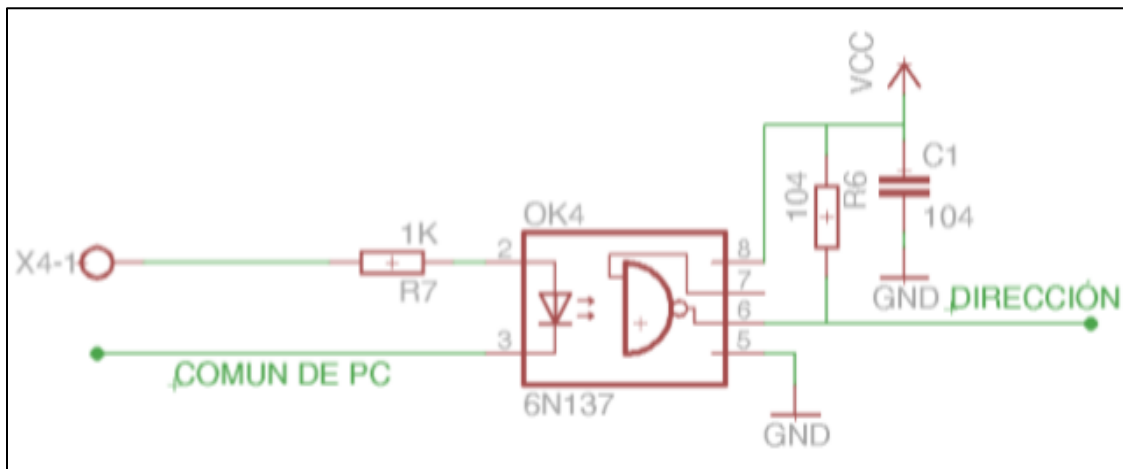


Figura:19 Integrado 6N137

Fuente: Esquemático, Cadsoft, Eagle 6.5.0 versión de prueba.

En el diseño de esta etapa se consideró un capacitor de derivación o bypass de 0.1uF y una resistencia de arrastre de salida de 330ohm, según las recomendaciones del fabricante del integrado 6n137, (ver anexo 2). Y en la parte de activación por luz se requiere una corriente de 5mA para un correcto encendido del diodo emisor de luz para lo cual se utilizó una resistencia (R8 – ver figura 32) de 1Kohm según la siguiente ecuación:



$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{5V}{5mA}$$

$$R = 1Kohm$$

Dónde: – Resistencia en ohm, – Voltaje en volts, – Corriente en amperios.

También se utilizó el opto acoplador 4n25 para el pin de Enable del integrado TB6560, se utilizó este opto acoplador debido a que el pin de Enable sirve para habilitar y deshabilitar el motor en tiempos prolongados, por eso se considera que esta función no requiere un controlador de alta frecuencia, además que este opto acoplador es mucho más comercial y económico.

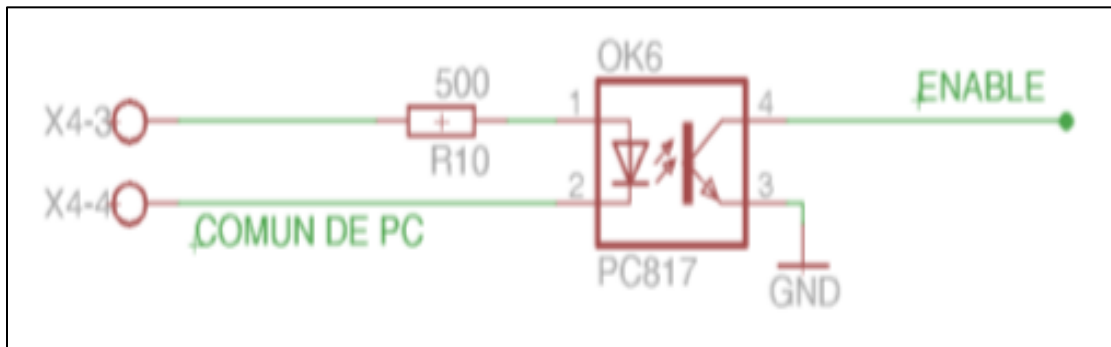


Figura:20 Integrado 4N25

Fuente: Esquemático, Cadsoft, Eagle 6.5.0 versión de prueba.

En el diseño de esta etapa únicamente se requiere el diseño de activación por luz donde para un correcto encendido según el fabricante se requiere una corriente de hasta 60mA y para un correcto funcionamiento recomienda una corriente de alimentación de 10mA (ver anexo 1) entonces se calculó una resistencia R10 de 500ohm según la siguiente ecuación: Reemplazando en la (Ec.1) se tiene

$$R = \frac{5V}{10mA}$$

$$R = 500ohm$$

Dónde: – Resistencia en ohm, – Voltaje en volts, – Corriente en amperios.

En el análisis del integrado TB6560, el pin (OSC) es el pin encargado del oscilador del integrado y según el fabricante es necesario poner un capacitor de 100 a 1000pF entre el pin y tierra o masa, entonces para aprovechar al máximo el integrado se utilizó un capacitor de 330pF que nos da una frecuencia de oscilación de 130Khz, esta frecuencia es adecuada para el control de los motores, además que según el fabricante es recomendable trabajar frecuencia.

Se utilizó capacitores de 1uF y 47uF de 50V en la alimentación general de 24V de los motores, esto para un mejor filtrado del voltaje de alimentación general, también se utilizó un capacitor de 1uF para el filtrado de alimentación de la parte lógica del integrado, un capacitor de 10uF y una resistencia de 10Kohm en el pin de RESET, esta configuración es para garantizar que no ocurra un repentino reseteo del integrado, se utilizó diodos rectificadores de 3Amp esto según los requerimientos del fabricante, y como algo opcional se puso resistencias de 330ohm y LEDs en los pines de PROJECT y MO, esto como un indicativo visual del funcionamiento del integrado.

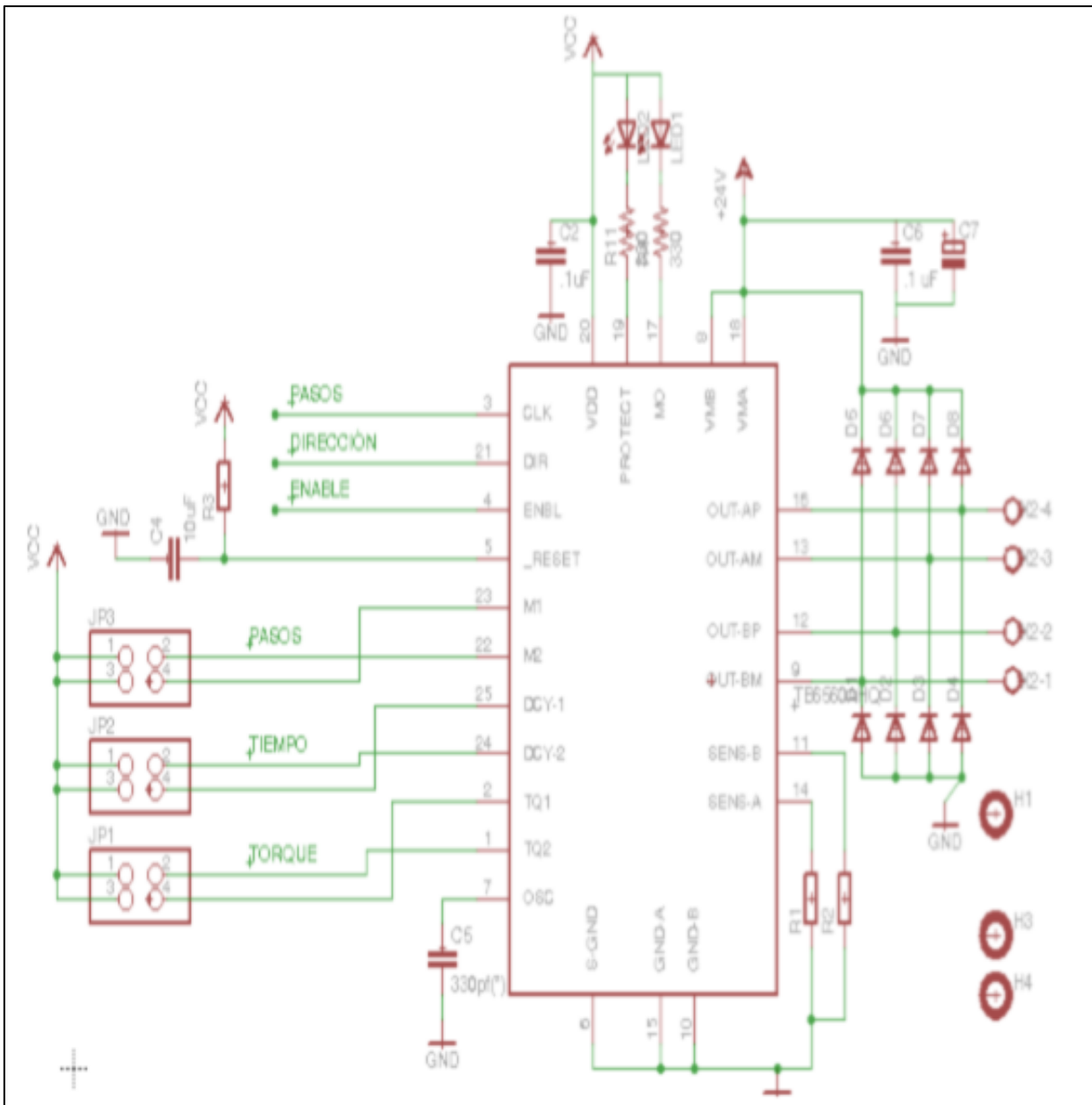


Figura: 21 Diagrama completo del controlador.

Fuente: Esquemático, Cadsoft, Eagle 6.5.0 versión de prueba.

Los pines M1, M2 del integrado TB6560 (Ver figura 30), son para seleccionar el ángulo de cada paso del motor, los motores que usamos tienen un paso de  $1.8^\circ$  cada uno, a esto se le llama un paso completo, pero al hacer arreglos en los pines M1 y M2 se puede reducir a  $1/2$ ,  $1/4$ ,  $1/8$  de paso, esto quiere decir que ahora cada paso será de  $0.9^\circ$ ,  $0.45^\circ$  y  $0.225^\circ$  respectivamente.

Tabla 10: Pines de pasos		
INPUTS		Mode
<b>M2</b>	<b>M1</b>	<b>(Excitacion)</b>
<b>L</b>	<b>L</b>	<b>2-phase</b>
<b>L</b>	<b>H</b>	<b>1-2-phase</b>
<b>H</b>	<b>L</b>	<b>4W1-2-phase</b>
<b>H</b>	<b>H</b>	<b>2W1-2-phase</b>

Tabla: pines de pasos.

Fuente: Toshiba (2014). Descripción del Funcionamiento

Los pines DCY-1, DCY2 (Ver figura 34), son los pines de selección de velocidad, esta velocidad está relacionada con la frecuencia de oscilación de 130Khz.

Tabla 11: Estructura interna de un motor paso a paso		
<b>DCY2</b>	<b>DCY1</b>	<b>Current Decay Setting</b>
<b>L</b>	<b>L</b>	<b>Normal 0%</b>
<b>L</b>	<b>H</b>	<b>25% Decay</b>
<b>H</b>	<b>L</b>	<b>50% Decay</b>
<b>H</b>	<b>H</b>	<b>100% Decay</b>

Tabla: Estructura interna de un motor paso a paso.

Fuente: Toshiba (2014). Descripción del Funcionamiento.

Los pines de TQ1 y TQ2, son los pines para el control del torque, nuestros motores son de 2A y 2.5A, entonces para los motores de 2A el torque será en un 50% y para los de 2.5A un 75% de la capacidad máxima del integrado TB6560, que es 3.5<sup>a</sup>.

Tabla 12: Pines de selección de corriente		
TQ2	TQ1	Current Ratio
L	L	100%
L	H	75%
H	L	50%
H	H	20% (excitación débil)

Tabla: pines de selección de corriente.

Fuente: Toshiba (2014). Descripción del Funcionamiento

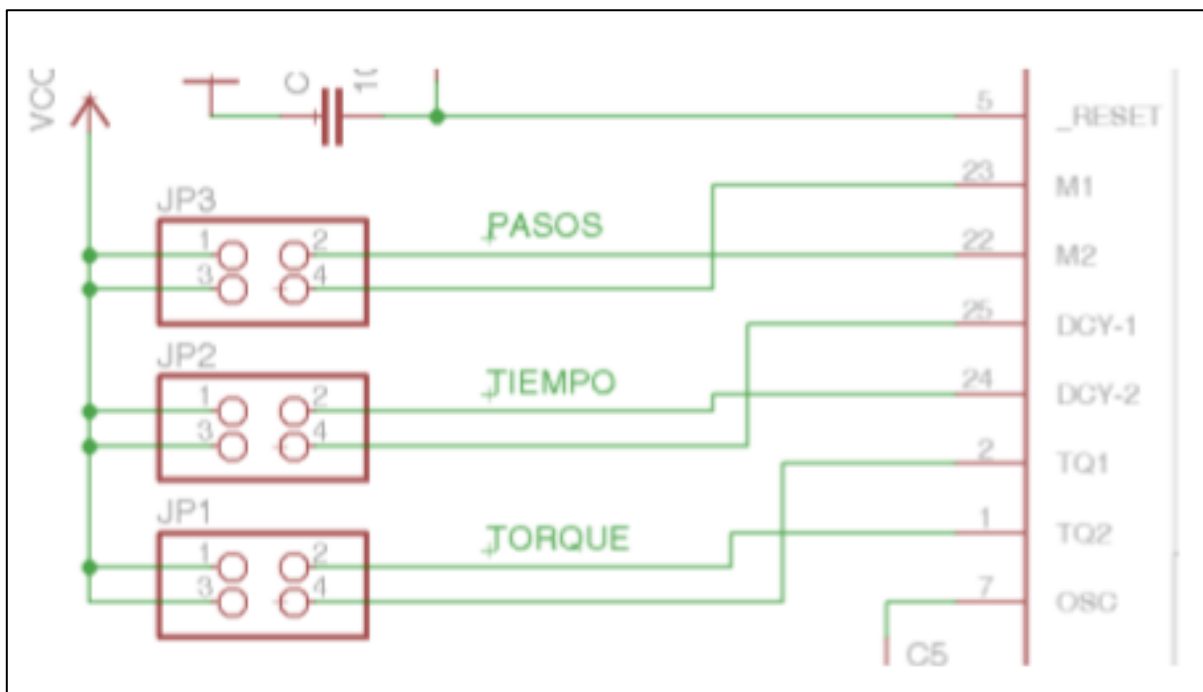


Figura: 22 Pines de pasos, tiempos y torque.

Fuente: Toshiba (2014). Diagrama de Bloques

Los pines SENS-A y SENS-B (Ver figura 34), son conectados a unas resistencias, estas resistencias controlan la referencia de la corriente máxima que conducirá el integrado TB6560, para calcular dicha corriente máxima el fabricante nos dice que el motor se detiene cuando el voltaje en la resistencia NFA(NFB) es 0.5V, entonces según la ley de Ohm.

$$I_{out}(A) = \frac{0.5(V)}{RNF(Ohm)}$$

Para los motores de 2A: deseamos una corriente de salida de 2A entonces reemplazando en la (Ec.2).

$$2(A) = \frac{0.5(V)}{RNF(Ohm)}$$

$$RNF = \frac{0.5}{2}$$

$$RNF = 0.25\ Ohm$$

Para el motor de 2.5A: deseamos una corriente de salida de 2.5A entonces reemplazando en la (Ec.2).

$$2.5(A) = \frac{0.5(V)}{RNF(Ohm)}$$

$$RNF = \frac{0.5}{2.5}$$

$$RNF = 0.2\ Ohm$$

Dónde: RNF es el valor para las resistencias RNFA y RNFB, Iout es la corriente de salida para las bobinas de los motores.

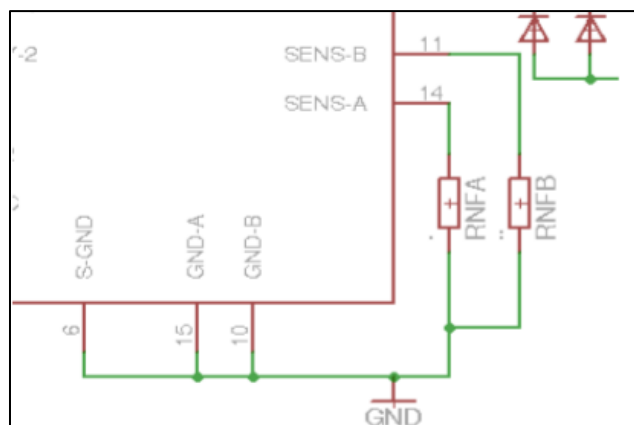


Figura: 23 pines de selección de corriente máxima.

Fuente: Toshiba (2014). Diagrama de Bloques

### **Diseño del sistema de limpieza**

El sistema de limpieza es indispensable al procesar madera, en el trabajo en madera una maquina CNC produce una gran cantidad de residuos en forma de viruta y polvillo, haciendo que una maquina sin sistema de limpieza necesite mucho mantenimiento e incluso son perjudiciales para el sistema respiratorio del operario y personas que estén en el mismo ambiente.

El motor de un sistema de limpieza por lo general son motores monofásicos de fase partida y de alta potencia, aproximadamente entre 1000W a 2000W y utilizados en lavadoras, ventiladores, etc. (Pernia; 2011), entonces el primer objetivo de diseñar un controlador para este motor, consiste en reducir la caída de tensión que producen estos motores al puede ser entre 5 a 6 veces la potencia nominal del motor (Pernia; 2011), y el segundo objetivo de este controlador es hacer que el motor se encienda cada cierto tiempo, para así hacer una limpieza óptima con el beneficio de ahorrar energía.

Con estos objetivos se diseñó el controlador en dos partes: como primera parte se diseñó e implementó un controlador y como segunda parte se hizo un software ejecutable para hacer una modificación en el código G.

### **Diseño de la placa de control**

El objetivo de esta placa de control es eliminar la caída de tensión en el encendido del motor, el diseño de la placa de control que se realizó cuenta con varias etapas, se hizo el análisis matemático y luego la implementación, garantizando una placa de control robusto y con etapas de seguridad:

El cruce por cero: Como primera etapa tenemos el cruce por cero, que es indispensable para hacer el correcto disparo del Triac, el Triac se encarga de entregar la potencia al motor.

El voltaje de funcionamiento de la maquina en general es de 220V a 60Hz, entonces, para una mejor interpretación y análisis de señales en determinados nodos convertimos la frecuencia de 60Hz en tiempo con la siguiente formula.

$$T = \frac{1}{F}$$

Dónde: El tiempo es inversamente proporcional a la frecuencia, "T" es tiempo en segundos, "F" es frecuencia en Hertz. Entonces reemplazando en la (Ec.3).

$$T = \left(\frac{1}{60Hz}\right)s$$

$$T = 0.01667s$$

$$T = 16.67ms$$

El voltaje alterno de 220V a 60Hz, tiene un periodo de oscilación de 16.67ms, entonces en una onda senoidal rectificada cada cruce en cero estará dado cada semi ciclo, que es 8.335ms, entonces a partir de esto seleccionamos diodos y transistores que tengan la capacidad de soportar una oscilación de 60Hz ó 8.335ms.

Entonces el criterio utilizado para el cruce por cero es:

Un transformador con bobinas de cobre que reducen el voltaje de 220V AC a 12V AC con 1 Amperio en la corriente de salida, un encapsulado de diodos de silicio con una corriente máxima de 1 amperio.

Dos transistores BC548 en modo transistor inversor, el criterio utilizado en la selección de este transistor fue que entre las características de este transistor según el fabricante es capaz de trabajar en una frecuencia máxima de 1KHz, además que este transistor es muy comercial y de bajo costo.

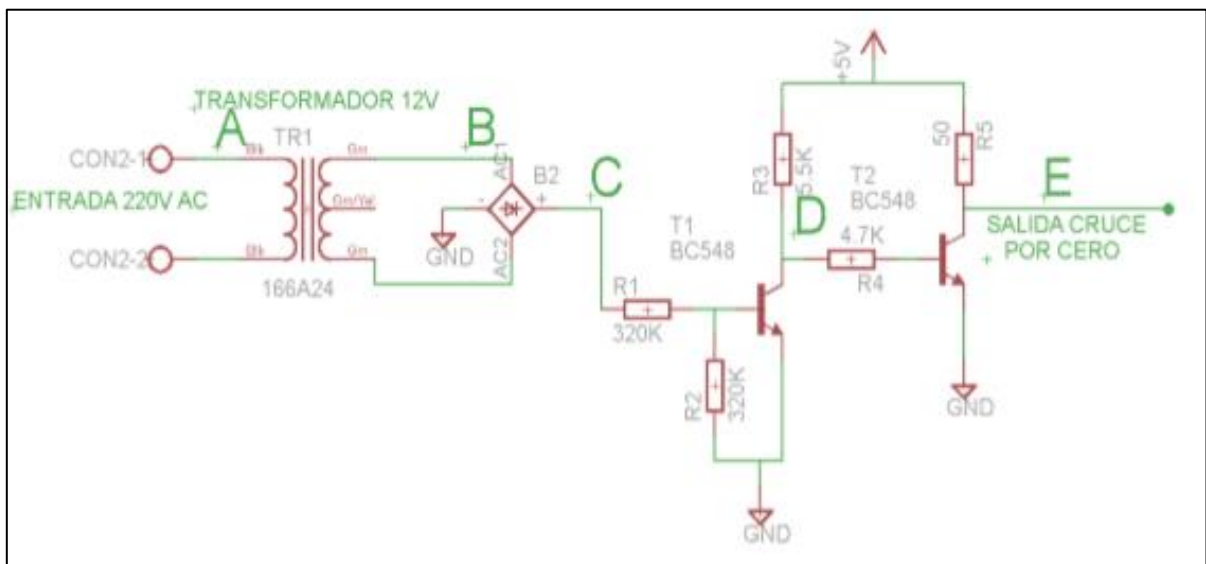




Figura: 24 cruce por cero con transistores.

Fuente: Esquemático, Cadsoft, Eagle 6.5.0 versión de prueba.

En la figura en el punto “E – Salida cruce por cero” se conecta con la siguiente etapa que consta de un integrado “NE555 en el nodo - entrada cruce por cero”, y según las especificaciones del fabricante del integrado NE555 el voltaje de entrada del Pin número 2-Trigger tendrá un correcto funcionamiento entre 5V a 15V, y una corriente máxima de 100mA. Entonces según estos requerimientos se procede al diseño del transistor “T2 – BC548”, el voltaje de alimentación utilizado en la lógica del controlador es 5V. Las fórmulas utilizadas para transistores en modo inversor son:

$$I_c = I_b * \beta \text{ .....(Ec.4)}$$

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_c} \text{ .....(Ec.5)}$$

$$R_b = \frac{V_{ee}-V_{be}}{I_b} \text{ .....(Ec.6)}$$

Dónde: “Ic” es la corriente de colector, “Ib” es la corriente de la base y “β” es la ganancia del transistor.

Según las especificaciones del fabricante la ganancia “β” es 110, y la corriente de colector máxima es de 500mA, entonces a partir de esto procedemos con el cálculo de las resistencias y de la corriente de base del segundo transistor.

Hallamos corriente de colector del segundo transistor reemplazando en la [Ec.1]

$$R_c = \frac{5V}{100mA}$$

$$R_c = 50\Omega$$

Hallamos corriente de base del segundo transistor reemplazamos en la [Ec.3] y se obtiene:

$$I_b = 0.91mA$$

Hallamos resistencia de base del segundo transistor reemplazando en la [Ec.6].

$$Rb = \frac{5V - 0.7V}{0.91mA}$$

$$Rb = 4.7Kohm$$

La corriente requerida en la base del segundo transistor debe ser 0.91mA, entonces calculamos con las mismas fórmulas en el primer transistor “T1 – BC548”, ver figura 37. Hallamos corriente de colector del primer transistor reemplazando en la (Ec.5):

$$Rc = \frac{5V}{0.91mA}$$

$$Rc = 5.5Kohm$$

Hallamos corriente de base del primer transistor reemplazando en la (Ec.4) y se obtiene.

$$Ib = 8.27uA$$

Hallamos resistencia de base del primer transistor reemplazando en la (Ec.6):

$$Rb = \frac{Vee - Vbe}{Ib}$$

$$Rb = \frac{6V - 0.7V}{8.27uA}$$

$$Rb = 640.87Kohm$$

En la resistencia de base calculada de 640Kohm, se hace una división entre 2 debido al divisor de voltaje que se encuentra entre el primer transistor BC548 y el puente de diodos, entonces las resistencias a utilizarse serán e 320Kohm.

Se hizo un análisis de la forma de onda empezando en el nodo A hasta el nodo E.

En el punto “A”, Ingresa un voltaje alterno de 220V, este voltaje es una señal senoidal con una amplitud de 220V y una frecuencia de 60Hz. En el punto “B”, Es un voltaje alterno de 12V, también es un voltaje senoidal con una amplitud de 12V y una frecuencia de 60Hz. En el punto “C”, el voltaje alterno de 12V se rectifica gracias al puente de diodos, entonces la señal será únicamente positiva con un paso en cero cada 10 ms. En el punto “D”, El primer transistor esta en modo transistor inversor, solo en el instante en que la onda rectificada

llega a ser 0V, la señal en el punto "D" es 5V, en cualquier otro voltaje mayor que cero es 0V en el punto "D". En el punto "E", El segundo transistor BC548 está en modo transistor inversor, invirtiendo el tren de pulsos del punto "D" a un tren de pulsos casi continuo en 5V con caídas de 0V cada 10ms.

#### **Circuito Integrado Temporizador NE555:**

el integrado está en modo monoestable multivibrador, es el encargado de tomar la señal de cruce por cero y regularla con una entrada de voltaje.

Para que el integrado NE555 logre una correcta sincronización con la red eléctrica de 220VAC es indispensable que el oscilador RC en diseño del integrado sea de la mitad del periodo total de 16.67ms, entonces se requiere una oscilación de 8.34ms en la oscilación del integrado, entonces a partir de esto hacemos el cálculo.

$$t = 1.1 * R * C \dots\dots\dots(Ec.7)$$

$$8.34ms = 1.1 * R * C$$

$$R * C = 7.58mHz$$

Para hallar los valores de  $R$  y  $C$  debemos dar un valor a uno de ellos, en este caso seleccionamos un capacitor de 1uF porque es un capacitor de bajo costo, entonces a partir de esto obtenemos el valor de  $R$ .

$$R = \frac{7.58mHz}{C}$$

$$R = \frac{7.58mHz}{1uF}$$

$$R = 7.58Kohm$$

Entonces el valor de la resistencia en el integrado NE555 es de 7.58Kohm, es por lo cual se utilizó un potenciómetro de 10Kohm, para poder graduarlo y llegar al valor deseado (Ver figura 39, la resistencia R7 de 10K de dicha figura 39 únicamente cumple la función de descarga.

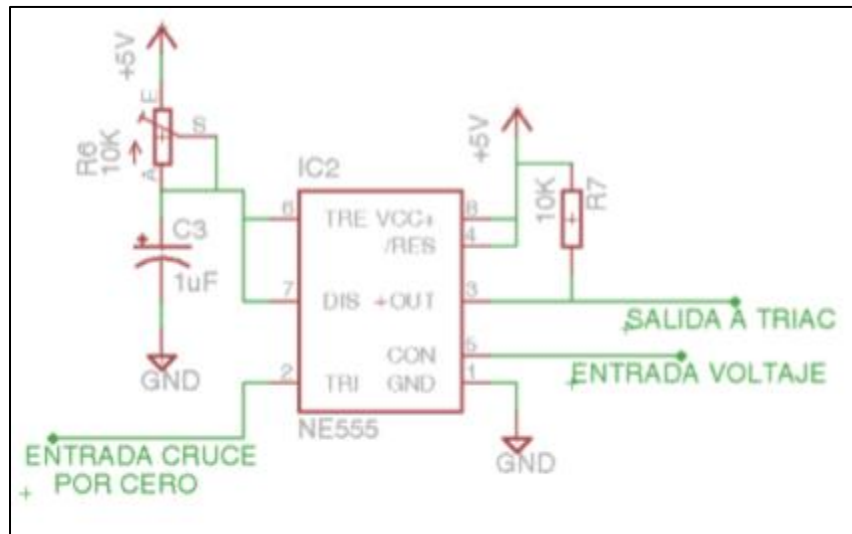


Figura: 25 Integrado 555 monoestable multivibrador

Fuente: Esquemático, Cadsoft, Eagle 6.5.0 versión de prueba.

En el diseño de la figura 39 podemos un pin de ENTRADA DE CRUCE POR CERO que deriva del diseño del cruce por cero (Ver figura 37), el pin de salida a Triac es el encargado de mandar la señal modificada a la etapa de potencia (Ver figura 41), y el pin 5 es un pin de entrada de voltaje que en este caso es un voltaje descendente que tiene el objetivo de hacer el arranque lento del motor.

Circuito Integrado LM358: este integrado está en modo seguidor de voltaje, la función de esta etapa es tener un voltaje descendente, en la entrada del integrado tenemos una configuración RC, y un divisor de voltaje. Cuando el relé se encuentra apagado la resistencia el pin 3 del integrado recibe 5v debido a la resistencia de 1K.

Pero cuando se activa el relé, se desconecta la resistencia de 1K, entonces comienza el proceso de descarga gracias a la configuración resistencia y capacitor (RC).

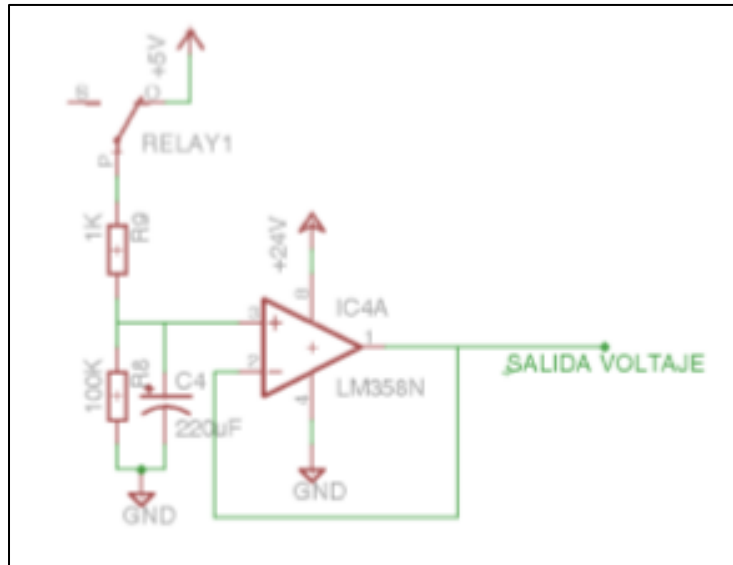


Figura: 26 Generador de voltaje descendente

Fuente: Esquemático, Cadsoft, Eagle 6.5.0 versión de prueba.

Para el análisis de este generador de voltaje descendente se consideró un tiempo necesario de descarga de 20 segundos obtenidos en pruebas de laboratorio, para que el motor encienda de tal manera que se elimine completamente el pico de tensión generados al encenderse, entonces a partir de este criterio calculamos los valores del Capacitor y Resistencia con la siguiente formula de carga y descarga de capacitores reemplazando en la (Ec.7):

$$20s = R * C$$

Para el cálculo del capacitor y resistencia seleccionamos un valor del capacitor de 220uF, se utilizó un capacitor de estas características para asegurar una descarga de 20s, entonces a partir de esto calculamos el valor de la resistencia.

$$20s = R * C$$

$$20s = R * 220\mu F$$

$$R = \frac{20s}{220\mu F}$$

$$R = \frac{20s}{220\mu F}$$

Se utilizó un 100K en vez de 90.09K debido a que el valor más comercial existente cercano a 90.09K es 100K.

Etapas de potencia: en esta etapa se utilizó un MOC3021 para separar la parte lógica de la parte de potencia, un Triac bt139, una configuración resistencia capacitor en serie como circuito SNUBBER, un fusible de 8A y un Relay.

Para el diseño del Triac se necesita calcular la resistencia R12 de la figura 41, se calcula esta resistencia según la ley de Ohm, de la siguiente manera.

$$R = \frac{V_{TM} - V_{GT}}{I_{GT}} \dots \dots \dots (Ec. 8)$$

Dónde:

R : Resistor de protección contra un exceso de corriente, conectada en serie a la terminal de compuerta (G) del TRIAC BT139. Se expresa en Ohms.

VTM : (Peak On-State Voltage) Voltaje necesario en las terminales del Foto-TRIAC del MOC3021, para que éste conduzca (se dispare) la corriente eléctrica.

VGT: (Gate Trigger Voltage) Voltaje necesario en la terminal de compuerta (G) del TRIAC BT139, para que éste último, permita la conducción de la corriente eléctrica.

IGT: (Gate Trigger Current) Corriente necesaria aplicada a la terminal de compuerta (G) del TRIAC BT139, para que éste último, permita la conducción de la corriente eléctrica.

Según la hoja de datos del MOC3021 tenemos un valor de VTM= 1.8V y según el fabricante del Triac 139 el valor de VGT=0.7V, IGT=5MA, entonces reemplazando en la [Ec.8]:

$$R = \frac{1.8V - 0.7V}{5mA}$$

$$R = \frac{1.8V - 0.7V}{5mA}$$

$$R = 220 \, Ohm$$

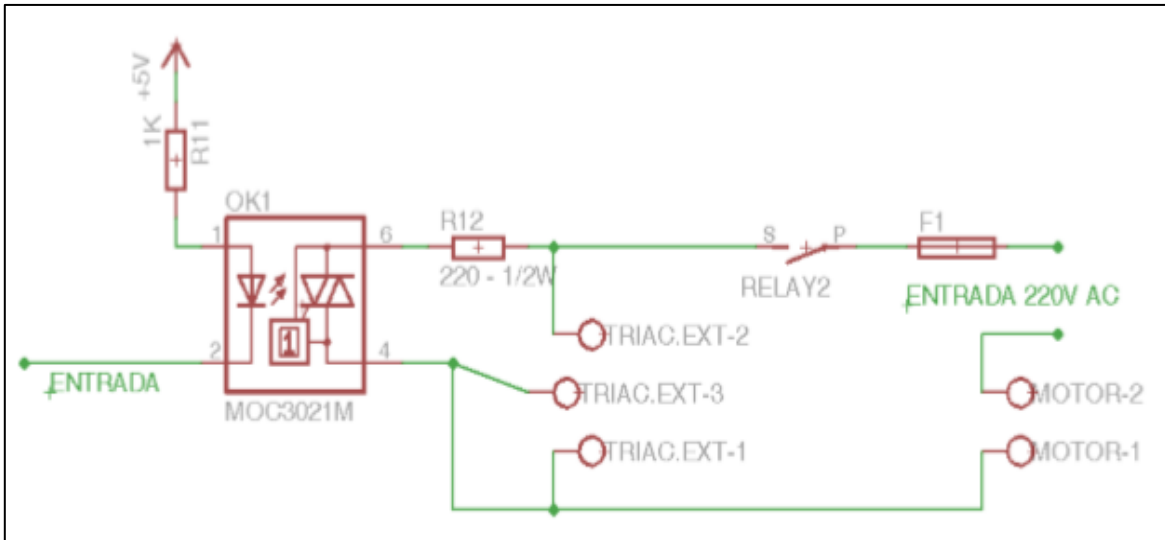


Figura: 27 etapa de potencia

Fuente: Esquemático, Cadsoft, Eagle 6.5.0 versión de prueba.

Circuito de protección, esta etapa se encarga de hacer un encendido retardado, sirve como protección para garantizar la carga del capacitor del integrado LM358 (Ver figura 38), además de mantener desactivado el relé que activa al motor.

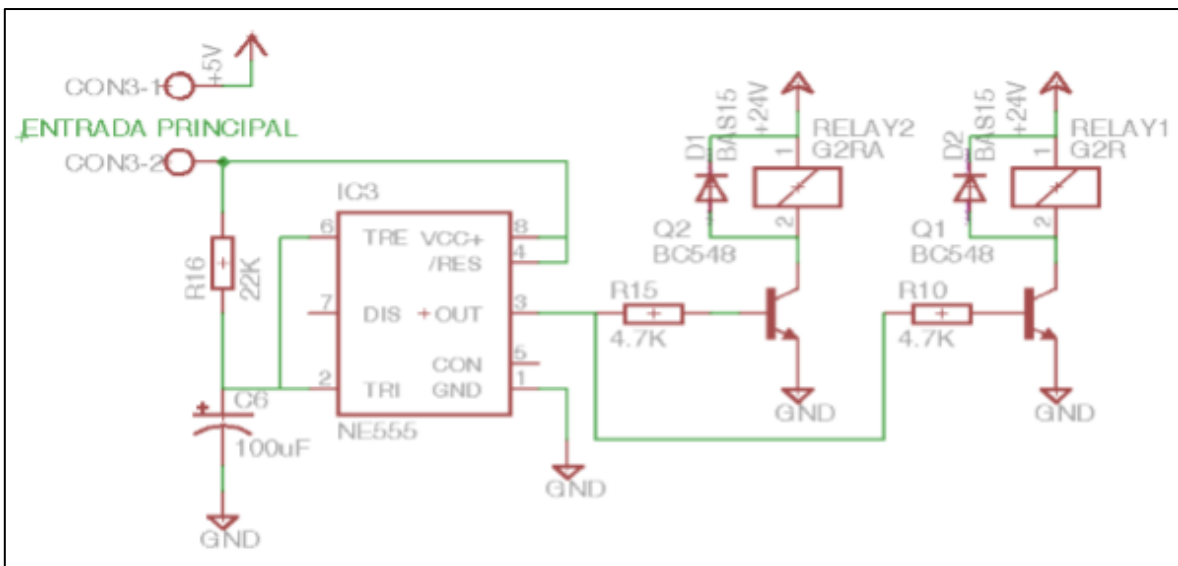


Figura: 28 Encendido retardado con integrado 555

Fuente: [Esquemático, Cadsoft, Eagle 6.5.0 versión de prueba.

Esta etapa se activa haciendo un corto circuito en los dos terminales de ENTRADA PRINCIPAL que se diseñó de esta forma debido a que será activado por un Relay externo que se encuentra en la placa del controlador, todo esto para activar dos Relays.

Para el análisis del tiempo de retardo se toma un tiempo de protección de 2s para así garantizar, la carga del capacitor de la figura 40, entonces reemplazamos en la (Ec.7):

$$2s = R * C$$

Para el cálculo del capacitor y resistencia seleccionamos un valor del capacitor de 100uF, se utilizó un capacitor de estas características para asegurar una descarga de 2s, entonces a partir de esto calculamos el valor de la resistencia en la (Ec.7):

$$2s = R * 100uF$$

$$R = \frac{2s}{100uF}$$

$$R = \frac{2s}{100uF}$$

$$R = 20Kohm$$

Entonces seleccionamos un valor comercial de 22Kohm.

Para la activación de los Relays de la figura 42 se utilizó nuevamente transistores BC548, según el fabricante del Relay es necesario una corriente de 100mA para su correcto funcionamiento, entonces a partir de esto calculamos el valor de la resistencia de excitación Calculamos la corriente de base reemplazando en la (Ec.4):

$$Ic = Ib * \beta$$

$$Ib = \frac{100mA}{110}$$

$$Ib = 0.91mA$$

Entonces calculamos la resistencia de base reemplazando en la (Ec.6):



$$Rb = \frac{V_{ee} - V_{be}}{I_b}$$

$$Rb = \frac{5V - 0.7V}{0.91mA}$$

$$Rb = 4.73K\Omega$$

Entonces utilizaremos una resistencia de base de 4.7K en los transistores de excitación de los Relays de la figura 40, además utilizamos un par de diodos rectificadores que cumplen la función de eliminar corrientes inversas. Regulador de voltaje, esta etapa consta de un integrado LM7805, que es un regulador de voltaje de 5V, esto es necesario debido a que los integrados NE555 y opto acoplador funcionarán con 5V.

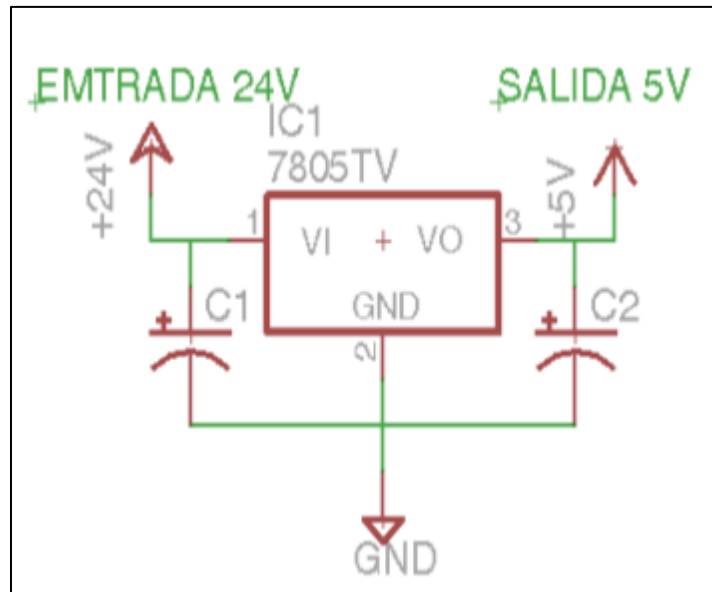


Figura: 29 regulador de voltaje.

Fuente: Esquemático, Cadsoft, Eagle 6.5.0 versión de prueba.

### **Diseño del software para limpieza**

Para el software de limpieza se diseñó un programa en Matlab, el objetivo de este programa es modificar un código G, e introducir líneas de código que le indiquen al motor Spindle encenderse y apagarse en determinadas capas o tiempos durante el fresado de madera.

### **Tipo de trayectoria**

Las trayectorias más usadas en el fresado de madera en tres dimensiones es el “desbaste”, “limpieza de áreas” y el relieve 3D, entonces en nuestro programa es necesario seleccionar que tipo de trayectoria se trabajará.

### **Tamaño del área**

para lograr que el programa diseñado reconozca las dimensiones del material a trabajarse es necesario introducir las medidas, tanto la “base”, “altura” y separación que se desee avanzar en cada vuelta “S”, todas estas medidas serán introducidas en milímetros.

### **Cargar código G**

Es un botón que al ser presionado nos mandará a otra pestaña que nos llevará a un buscador donde debemos buscar nuestro código G previamente generado, una vez cargado el código G inmediatamente se genera el nuevo código G, mostrando el progreso en el rectángulo de color negro, el nuevo código G se encontrará en el mismo directorio donde se encuentra el código G original con un nombre adicional.

### **Diseño del programa**

Este programa está diseñado mediante funciones (Ver anexo 8), unas de las principales funciones son:

#### **Una primera función:**

Para generar el panel o recuadro, aquí es donde mediante código se genera las dimensiones del panel, el color, la ubicación de los textos y figuras.

### **Una segunda función:**

Es de mapeo, esto sirve para mapear y ubicar el punto inicial durante el fresado.

### **Una tercera función:**

Se encarga de generar el código G modificado, es aquí donde se introduce un código en determinadas capas o niveles, el tiempo de finalización de este proceso depende del tamaño del código G y de la capacidad del procesador de la computadora.

### **Una cuarta función:**

Esta función se encarga de mostrar el progreso o avance de la modificación del código G, que muestra en una barra de color negro y esta enlazada a la función que genera el código G.

### **Diseño de la cadena porta cables.**

El diseño de una cadena porta cables es fundamental para evitar que los cables puedan ingresar a los rieles y causar un atasco.

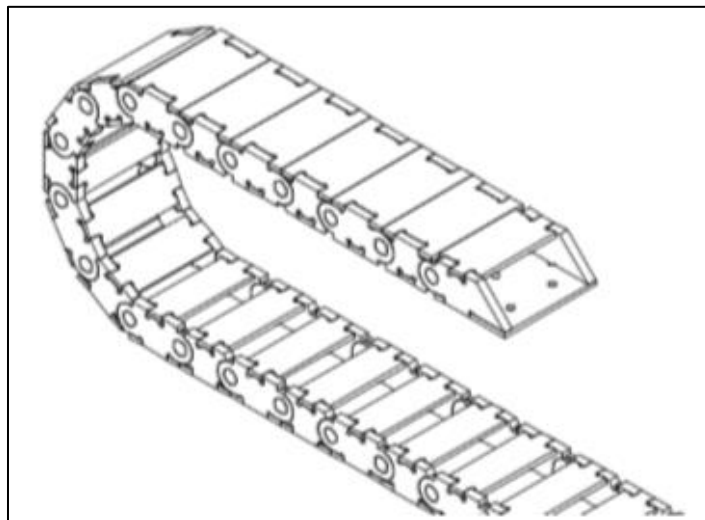


Figura: 30 Cadena porta cables

Fuente: Diseño 3D en Autocad Student.

El material utilizado es PBC en planchas de 1/4 de pulgada para los laterales, y 1/8 de pulgada para la parte superior e inferior, todas las piezas fueron diseñadas en AutoCAD en su versión de prueba.

### **Conclusiones**

- ✓ Se ha diseñado un algoritmo de control que permite la automatización de la máquina, en este algoritmo se utilizó las condiciones y movimientos básicos de una máquina CNC fresadora en tres dimensiones.
- ✓ El diseño de un controlador diseñado en Eagle Cadsoft es una muy buena alternativa para el control de motores paso a paso, por que soportan una corriente máxima de hasta 3.5A, además con este controlador es posible aumentar la resolución del motor paso a paso hasta en 1/8 de paso.
- ✓ El sistema de limpieza reduce un consumo de energía, gracias al controlador que elimina el pico de tensión al ser encendido el motor, y el software desarrollado en Matlab que modifica el código G del modelo indicando al motor de limpieza activarse solo en determinadas capas.
- ✓ Se ha observado que la Máquina de Control Numérico Computarizado, puede realizar un tallado de 30x35cm en 06 horas a comparación de un artesano que lo realiza en 48 horas, por lo que la Máquina es de gran ayuda.

### **Recomendaciones**

- ✓ Para garantizar un continuo funcionamiento de los motores paso a paso usar controladores de mayor potencia a la requerida por el motor, esto evitará el calentamiento del controlador.
- ✓ Usar disipadores en los motores paso a paso, cuando se utiliza un motor paso a paso a su máxima potencia estos se sobre calientan, un buen disipador es un ventilador del tipo brushless, esto logra controlar este sobrecalentamiento y no consumen mucha corriente.
- ✓ Utilizar cable de buena calidad entre el controlador y la computadora, un cable apantallado es una muy buena opción y Utilizar una conexión de puesta a tierra, como medida de protección. Desarrollar software de gestión propio

### **Referencias bibliográficas**

- Casillas A.L. Compilador C CCS y Simulador PROTEUS, Marcombo. Máquinas – Editorial: Artes gráficas ENCO – 3 Edición. García Eduardo.
- Castiglione, N. (2011). Transmisión de los Movimientos a los Ejes de los Routers.
- Conti Francisco. Motores paso a paso.
- Echeverria L., Salazar J. C., Gortaire A. V. (2010), Sangolqui, Ecuador. Diseño y simulación de una mini fresadora didáctica controlada por PC. Escuela Politécnica del Ejército.
- James A. H. (2004), Machine Shop Trade Secrets.
- Jimenez, R. (2014). Control Numérico por Computadora (CNC).
- Katsuhiko Ogata (2007), Ingeniería de Control Moderna – 3ra edición.
- Microcontroller, 3ra edicion, McGraw-Hill Professional. Aaron D. Deutschman, Diseño de Máquinas Teoría y Práctica. Joseph Edward, Diseño en Ingeniería Mecánica.
- Morris M. (1994), Arquitectura de Computadoras – 3ra Edición.
- Oppenheim, A., Schafer, R. (2009), Tratamiento de Señales en Tiempo Discreto – 3ra Edición.
- Pernia M. A. (2011) San Cristóbal. Conceptos Básicos de Motores Monofásicos
- - Rafael F. M. (1988), Como Programar un Control Numérico, Editorial: Marcombo

Anexo

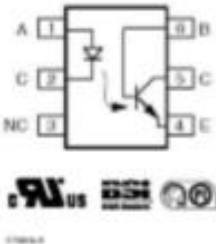
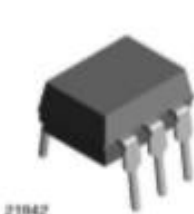
Hoja de datos 4N25

4N25, 4N26, 4N27, 4N28

Vishay Semiconductors



Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection



DESCRIPTION

The 4N25 family is an industry standard single channel phototransistor coupler. This family includes the 4N25, 4N26, 4N27, 4N28. Each optocoupler consists of gallium arsenide infrared LED and a silicon NPN phototransistor.

FEATURES

- Isolation test voltage 5000 V<sub>rms</sub>
- Interfaces with common logic families
- Input-output coupling capacitance < 0.5 pF
- Industry standard dual-in-line 6 pin package
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC



APPLICATIONS

- AC mains detection
- Reed relay driving
- Switch mode power supply feedback
- Telephone ring detection
- Logic ground isolation
- Logic coupling with high frequency noise rejection

AGENCY APPROVALS

- UL1577, file no. E52744
- BSI: EN 60065:2002, EN 60950:2000
- FIMKO: EN 60950, EN 60065, EN 60335

ORDER INFORMATION	
PART	REMARKS
4N25	CTR > 20 %, DIP-6
4N26	CTR > 20 %, DIP-6
4N27	CTR > 10 %, DIP-6
4N28	CTR > 10 %, DIP-6

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS <sup>(1)</sup>				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
INPUT				
Reverse voltage		V <sub>R</sub>	5	V
Forward current		I <sub>F</sub>	60	mA
Surge current	t ≤ 10 μs	I <sub>FSM</sub>	3	A
Power dissipation		P <sub>diss</sub>	100	mW
OUTPUT				
Collector emitter breakdown voltage		V <sub>CEO</sub>	70	V
Emitter base breakdown voltage		V <sub>EBO</sub>	7	V
Collector current		I <sub>C</sub>	50	mA
	t ≤ 1 ms	I <sub>C</sub>	100	mA
Power dissipation		P <sub>diss</sub>	150	mW



## 4N25, 4N26, 4N27, 4N28

Optocoupler, Phototransistor Output, Vishay Semiconductors  
with Base Connection

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS <sup>(1)</sup>				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
COUPLER				
Isolation test voltage		$V_{ISO}$	5000	$V_{RMS}$
Creepage distance			$\geq 7$	mm
Clearance distance			$\geq 7$	mm
Isolation thickness between emitter and detector			$\geq 0.4$	mm
Comparative tracking index	DIN IEC 112/VDE 0303, part 1		175	
Isolation resistance	$V_{IO} = 500 \text{ V}, T_{amb} = 25^\circ\text{C}$	$R_{IO}$	$10^{12}$	$\Omega$
	$V_{IO} = 500 \text{ V}, T_{amb} = 100^\circ\text{C}$	$R_{IO}$	$10^{11}$	$\Omega$
Storage temperature		$T_{stg}$	- 55 to + 125	$^\circ\text{C}$
Operating temperature		$T_{amb}$	- 55 to + 100	$^\circ\text{C}$
Junction temperature		$T_J$	125	$^\circ\text{C}$
Soldering temperature <sup>(2)</sup>	max. 10 s dip soldering; distance to seating plane $\geq 1.5 \text{ mm}$	$T_{sld}$	260	$^\circ\text{C}$

### Notes

<sup>(1)</sup>  $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified.

Stresses in excess of the absolute maximum ratings can cause permanent damage to the device. Functional operation of the device is not implied at these or any other conditions in excess of those given in the operational sections of this document. Exposure to absolute maximum ratings for extended periods of the time can adversely affect reliability.

<sup>(2)</sup> Refer to reflow profile for soldering conditions for surface mounted devices (SMD). Refer to wave profile for soldering conditions for through hole devices (DIP).



"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC), PARA UNA  
FRESADORA DE MADERA EN TRES DIMENSIONES".

ELECTRICAL CHARACTERISTICS <sup>(1)</sup>							
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
INPUT							
Forward voltage <sup>(2)</sup>	$I_F = 50 \text{ mA}$		$V_F$		1.3	1.5	V
Reverse current <sup>(2)</sup>	$V_R = 3 \text{ V}$		$I_R$		0.1	100	$\mu\text{A}$
Capacitance	$V_R = 0 \text{ V}$		$C_O$		25		pF
OUTPUT							
Collector base breakdown voltage <sup>(2)</sup>	$I_C = 100 \mu\text{A}$		$BV_{CBO}$	70			V
Collector emitter breakdown voltage <sup>(2)</sup>	$I_C = 1 \text{ mA}$		$BV_{CEO}$	30			V
Emitter collector breakdown voltage <sup>(2)</sup>	$I_E = 100 \mu\text{A}$		$BV_{ECO}$	7			V
$I_{CEO}(\text{dark})$ <sup>(2)</sup>	$V_{CE} = 10 \text{ V, (base open)}$	4N25			5	50	nA
		4N26			5	50	nA
		4N27			5	50	nA
		4N28			10	100	nA
$I_{CEO}(\text{dark})$ <sup>(2)</sup>	$V_{CB} = 10 \text{ V, (emitter open)}$				2	20	nA
Collector emitter capacitance	$V_{CE} = 0$		$C_{CE}$		6		pF
COUPLER							
Isolation test voltage <sup>(2)</sup>	Peak, 60 Hz		$V_{IO}$	5000			V
Saturation voltage, collector emitter	$I_{CE} = 2 \text{ mA, } I_F = 50 \text{ mA}$		$V_{CE(sat)}$			0.5	V
Resistance, input output <sup>(2)</sup>	$V_{IO} = 500 \text{ V}$		$R_{IO}$	100			G $\Omega$
Capacitance, input output	$f = 1 \text{ MHz}$		$C_{IO}$		0.6		pF

**Notes**

<sup>(1)</sup>  $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified.

Minimum and maximum values are testing requirements. Typical values are characteristics of the device and are the result of engineering evaluation. Typical values are for information only and are not part of the testing requirements.

<sup>(2)</sup> JEDEC registered values are 2500 V, 1500 V, 1500 V, and 500 V for the 4N25, 4N26, 4N27, and 4N28 respectively.

**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC), PARA UNA FRESADORA DE MADERA EN TRES DIMENSIONES".**

CURRENT TRANSFER RATIO <sup>(1)</sup>							
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
DC current transfer ratio	$V_{CE} = 10\text{ V}$ , $I_F = 10\text{ mA}$	4N25	$CTR_{DC}$	20	50		%
		4N26	$CTR_{DC}$	20	50		%
		4N27	$CTR_{DC}$	10	30		%
		4N28	$CTR_{DC}$	10	30		%

**Note**

<sup>(1)</sup> Indicates JEDEC registered values.

SWITCHING CHARACTERISTICS						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Rise and fall times	$V_{CE} = 10\text{ V}$ , $I_F = 10\text{ mA}$ , $R_L = 100\ \Omega$	$t_r$ , $t_f$		2		$\mu\text{s}$

**TYPICAL CHARACTERISTICS**

$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified

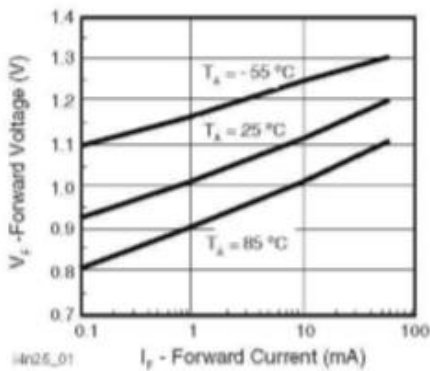


Fig. 1 - Forward Voltage vs. Forward Current

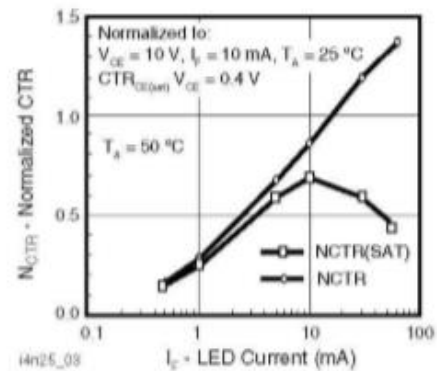


Fig. 3 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs.

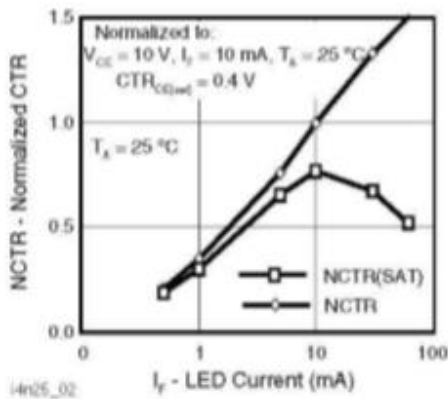


Fig. 2 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs. LED Current

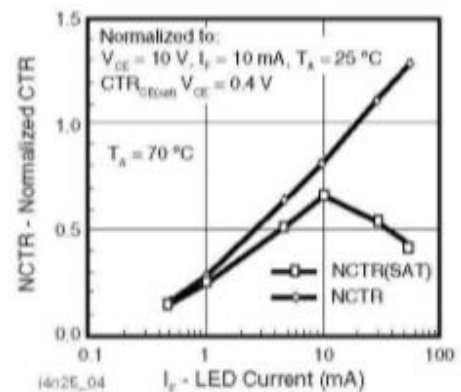


Fig. 4 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs. LED Current

## Anexo Hoja de datos 6N137.

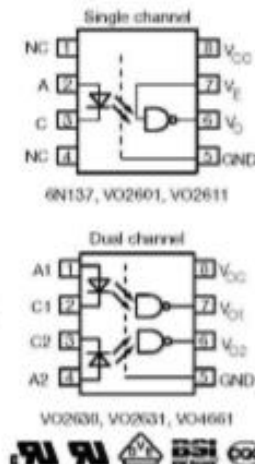


6N137, VO2601, VO2611, VO2630, VO2631, VO4661

www.vishay.com

Vishay Semiconductors

### High Speed Optocoupler, Single and Dual, 10 MBd



#### DESCRIPTION

The 6N137, VO2601, and VO2611 are single channel 10 MBd optocouplers utilizing a high efficient input LED coupled with an integrated optical photodiode IC detector. The detector has an open drain NMOS-transistor output, providing less leakage compared to an open collector Schottky clamped transistor output. The VO2630, VO2631, and VO4661 are dual channel 10 MBd optocouplers. For the single channel type, an enable function on pin 7 allows the detector to be strobed. The internal shield provides a guaranteed common mode transient immunity of 5 kV/ $\mu$ s for the VO2601 and VO2631 and 15 kV/ $\mu$ s for the VO2611 and VO4661. The use of a 0.1  $\mu$ F bypass capacitor connected between pin 5 and 8 is recommended.

#### FEATURES

- Choice of CMR performance of 15 kV/ $\mu$ s, 5 kV/ $\mu$ s, and 1000 V/ $\mu$ s
- High speed: 10 MBd typical
- +5 V CMOS compatibility
- Pure tin leads
- Guaranteed AC and DC performance over temperature
- Meets IEC 60068-2-42 (SO<sub>2</sub>) and IEC 60068-2-43 (H<sub>2</sub>S) requirements
- Low input current capability of 5 mA
- Material categorization: for definitions of compliance please see [www.vishay.com/doc?999912](http://www.vishay.com/doc?999912)



RoHS  
COMPLIANT

#### APPLICATIONS

- Microprocessor system interface
- PLC, ATE input / output isolation
- Computer peripheral interface
- Digital fieldbus isolation: CC-link, DeviceNet, profibus, SDS
- High speed A/D and D/A conversion
- AC plasma display panel level shifting
- Multiplexed data transmission
- Digital control power supply
- Ground loop elimination, noise isolation

#### AGENCY APPROVALS

- UL1577
- cUL
- DIN EN 60747-5-5 (VDE 0584-5) available with option 1
- BS EN 60950-1
- CQC GB6896-2011, GB4943.1-2011

**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC), PARA UNA FRESADORA DE MADERA EN TRES DIMENSIONES".**

ORDERING INFORMATION

V

O

2

6

0

1

-

X

0

#

#

T

PART NUMBER

PACKAGE OPTION

TAPE AND REEL

DIP-8

Option 6

Option 7

Option 9

7.50mm

10.00mm

6.7mm

6.7mm

AGENCY CERTIFIED/PACKAGE	CHANNELS 1			CHANNELS 2		
	CMR (V/μs)			CMR (V/μs)		
BSI, UL, cUL	1000	5000	15 000	1000	5000	15 000
DIP-8	6N137	VO2601	VO2611	VO2630	VO2631	VO4661
DIP-8, 400 mil (option 6)	6N137-X006	VO2601-X006	VO2611-X006	VO2630-X006	VO2631-X006	VO4661-X006
SMD-8 (option 7)	6N137-X007T	VO2601-X007T	VO2611-X007T	VO2630-X007T	VO2631-X007T	VO4661-X007T
SMD-8 (option 9)	6N137-X009T	-	-	VO2630-X009T	-	-
VDE, BSI, UL, cUL	1000	5000	15 000	1000	5000	15 000
DIP-8, 400 mil (option 6)	-	VO2601-X016	VO2611-X016	-	VO2631-X016	-
SMD-8 (option 7)	-	VO2601-X017T	VO2611-X017T	-	VO2631-X017T	-

Rev. 2.0, 27-Sep-16

1

Document Number: 84732

For technical questions, contact: [optocoupleranswers@vishay.com](mailto:optocoupleranswers@vishay.com)

THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT [www.vishay.com/doc291000](http://www.vishay.com/doc291000)

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC), PARA UNA FRESADORA DE MADERA EN TRES DIMENSIONES".

TRUTH TABLE (positive logic)		
LED	ENABLE	OUTPUT
On	H	L
Off	H	H
On	L	H
Off	L	H
On	NC	L
Off	NC	H

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)				
PARAMETER	CONDITIONS	SYMBOL	VALUE	UNIT
INPUT				
Average forward current (single channel)		$I_F$	20	mA
Average forward current (per channel for dual channel)		$I_F$	15	mA
Reverse input voltage		$V_{RI}$	5	V
Enable input voltage		$V_E$	$V_{CC} + 0.5\text{ V}$	V
Enable input current		$I_E$	5	mA
Surge current	$t = 100\text{ }\mu\text{s}$	$I_{FSM}$	200	mA
Output power dissipation (single channel)		$P_{diss}$	35	mW
Output power dissipation (per channel for dual channel)		$P_{diss}$	25	mW
OUTPUT				
Supply voltage	1 min maximum	$V_{CC}$	7	V
Output current		$I_O$	50	mA
Output voltage		$V_O$	7	V
Output power dissipation (single channel)		$P_{diss}$	85	mW
Output power dissipation (per channel for dual channel)		$P_{diss}$	60	mW
COUPLER				
Storage temperature		$T_{stg}$	-55 to +150	$^{\circ}\text{C}$
Operating temperature		$T_{amb}$	-40 to +100	$^{\circ}\text{C}$
Lead solder temperature	for 10 s		260	$^{\circ}\text{C}$
Solder reflow temperature			260	$^{\circ}\text{C}$



www.vishay.com

6N137, VO2601, VO2611, VO2630, VO2631, VO4661

Vishay Semiconductors

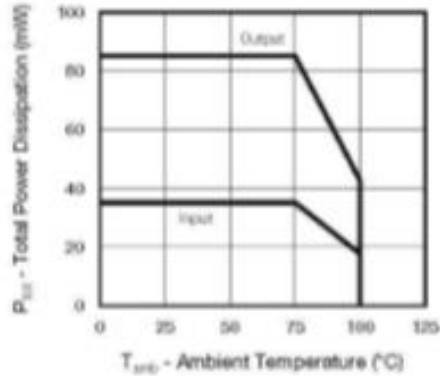


Fig. 1 - Total Power Dissipation vs. Ambient Temperature (single channel)

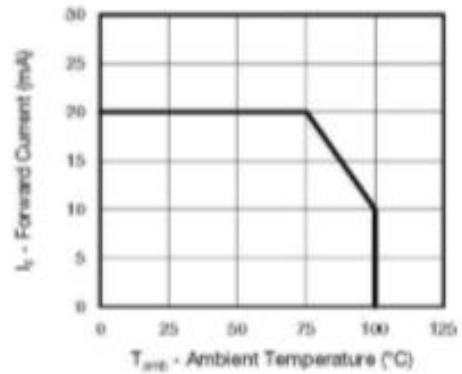


Fig. 3 - Forward Current vs. Ambient Temperature (single channel)

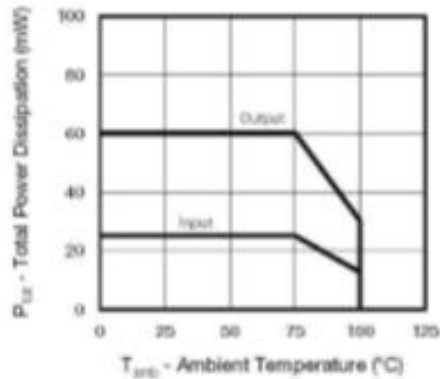


Fig. 2 - Total Power Dissipation vs. Ambient Temperature (dual channel)

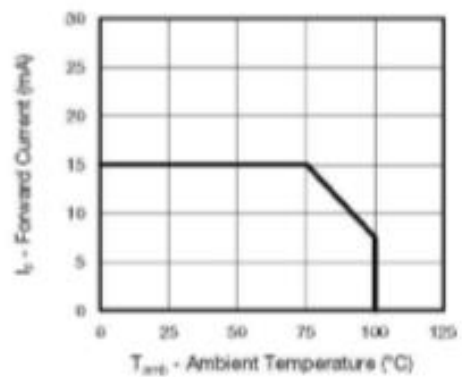


Fig. 4 - Forward Current vs. Ambient Temperature (dual channel)

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS					
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	MAX.	UNIT
Operating temperature		T <sub>amb</sub>	-40	100	°C
Supply voltage		V <sub>CC</sub>	4.5	5.5	V
Input current low level		I <sub>IL</sub>	0	250	μA
Input current high level		I <sub>IH</sub>	5	15	mA
Logic high enable voltage		V <sub>EH</sub>	2	V <sub>CC</sub>	V
Logic low enable voltage		V <sub>EL</sub>	0	0.8	V
Output pull up resistor		R <sub>L</sub>	330	4K	Ω
Fanout	R <sub>L</sub> = 1 kΩ	N	-	5	-



Anexo hoja de datos BT139

Philips Semiconductors	Product specification
Triacs	BT139 series

GENERAL DESCRIPTION

Glass passivated triacs in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

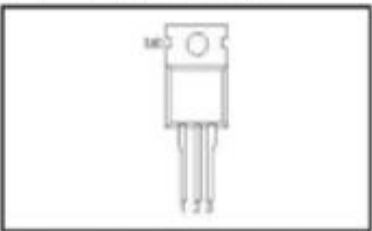
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	MAX.	UNIT
		BT139-500	600	800	
		BT139-500F	600F	800F	
		BT139-500G	600G	800G	
$V_{ORM}$	Repetitive peak off-state voltages	500	600	800	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	16	16	16	A
$I_{TSM}$	Non-repetitive peak on-state current	140	140	140	A

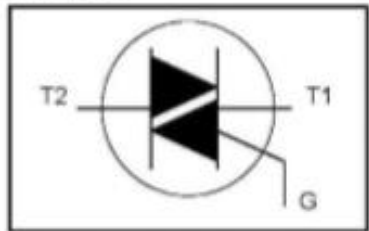
PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
tab	main terminal 2

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.			UNIT
$V_{ORM}$	Repetitive peak off-state voltages		-	-500 500 <sup>1</sup>	-600 600 <sup>1</sup>	-800 800	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{mb} \leq 99\text{ }^{\circ}\text{C}$	-	16			A
$I_{TSM}$	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ prior to surge $t = 20\text{ ms}$	-	140			A
		$t = 16.7\text{ ms}$	-	150			A
		$t = 10\text{ ms}$	-	98			A
$I^2t$	$I^2t$ for fusing		-				A <sup>2</sup> s
$di/dt$	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$I_{TM} = 20\text{ A}$ ; $I_G = 0.2\text{ A}$ ; $di_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$	-	50			A/ $\mu\text{s}$
		T2+ G+	-	50			A/ $\mu\text{s}$
		T2+ G-	-	50			A/ $\mu\text{s}$
		T2- G-	-	50			A/ $\mu\text{s}$
		T2- G+	-	10			A/ $\mu\text{s}$
$I_{GM}$	Peak gate current		-	2			A
$V_{GM}$	Peak gate voltage		-	5			V
$P_{GM}$	Peak gate power		-	5			W
$P_{GM(AV)}$	Average gate power		-	0.5			W
$T_{stg}$	Storage temperature	over any 20 ms period	-40	150			$^{\circ}\text{C}$
$T_j$	Operating junction temperature		-	125			$^{\circ}\text{C}$

### THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{thja}$	Thermal resistance junction to mounting base	full cycle	-	-	1.2	K/W
$R_{thja}$	Thermal resistance junction to ambient	half cycle in free air	-	-	1.7	K/W
$R_{thja}$			-	60	-	K/W

### STATIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.			UNIT
$I_{GT}$	Gate trigger current	<b>BT139-</b> $V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$ T2+ G+ T2+ G- T2- G- T2- G+	-	5 8 10 22	35 35 35 70	25 25 25 70	50 50 50 100	mA mA mA mA
$I_L$	Latching current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$ T2+ G+ T2+ G- T2- G- T2- G+	-	7 20 8 10	40 60 40 60	40 60 40 60	60 90 60 90	mA mA mA mA
$I_H$	Holding current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	6	30	30	60	mA
$V_T$	On-state voltage	$I_T = 20\text{ A}$	-	1.2	1.6			V
$V_{GT}$	Gate trigger voltage	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$ $V_D = 400\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	- 0.25	0.7 0.4	1.5 -			V V
$I_O$	Off-state leakage current	$T_j = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_D = V_{DRM(max)}$ $T_j = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$	-	0.1	0.5			mA

### DYNAMIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.			TYP.	MAX.	UNIT
$dV_{CE}/dt$	Critical rate of rise of off-state voltage	<b>BT139-</b> $V_{CE} = 67\% V_{CE(max)}$ $T_j = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; exponential waveform; gate open circuit	100	50	200	250	-	V/ $\mu$ s
$dV_{CE}/dt$	Critical rate of change of commutating voltage	$V_{CE} = 400\text{ V}; T_j = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; $I_{T(rms)} = 16\text{ A}$ ; $dI_{T(rms)}/dt = 7.2\text{ A/ms}$ ; gate open circuit	-	-	10	20	-	V/ $\mu$ s
$t_{d}$	Gate controlled turn-on time	$I_{TM} = 20\text{ A}; V_D = V_{DRM(max)}$ ; $I_O = 0.1\text{ A}; dI_O/dt = 5\text{ A}/\mu$ s	-	-	-	2	-	$\mu$ s

### DYNAMIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.			TYP.	MAX.	UNIT
$dV_{CE}/dt$	Critical rate of rise of off-state voltage	<b>BT139-</b> $V_{CE} = 67\% V_{CE(max)}$ $T_j = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; exponential waveform; gate open circuit	100	50	200	250	-	V/ $\mu$ s
$dV_{CE}/dt$	Critical rate of change of commutating voltage	$V_{CE} = 400\text{ V}; T_j = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; $I_{T(rms)} = 16\text{ A}$ ; $dI_{T(rms)}/dt = 7.2\text{ A/ms}$ ; gate open circuit	-	-	10	20	-	V/ $\mu$ s
$t_{d}$	Gate controlled turn-on time	$I_{TM} = 20\text{ A}; V_D = V_{DRM(max)}$ ; $I_O = 0.1\text{ A}; dI_O/dt = 5\text{ A}/\mu$ s	-	-	-	2	-	$\mu$ s







## 6-PIN DIP RANDOM-PHASE OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified)

#### INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameters	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
<b>EMITTER</b>							
Input Forward Voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	$V_F$	All		1.15	1.5	V
Reverse Leakage Current	$V_R = 3\text{ V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	$I_R$	All		0.01	100	$\mu\text{A}$
<b>DETECTOR</b>							
Peak Blocking Current, Either Direction	Rated $V_{DRM}$ , $I_F = 0$ (note 1)	$I_{DRM}$	All		10	100	nA
Peak On-State Voltage, Either Direction	$I_{TM} = 100\text{ mA peak}$ , $I_F = 0$	$V_{TM}$	All		1.8	3	V

### TRANSFER CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
LED Trigger Current	Voltage = 3V (note 3)	$I_{FT}$	MOC3020M			30	mA
			MOC3010M			15	
			MOC3021M				
			MOC3011M			10	
			MOC3022M				
			MOC3012M			5	
			MOC3023M				
Holding Current, Either Direction		$I_H$	All		100		$\mu\text{A}$

#### Note

1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
2. This is static dv/dt. See Figure 5 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.
3. All devices are guaranteed to trigger at an  $I_F$  value less than or equal to max  $I_{FT}$ . Therefore, recommended operating  $I_F$  lies between max  $I_{FT}$  (30 mA for MOC3020M, 15 mA for MOC3010M and MOC3021M, 10 mA for MOC3011M and MOC3022M, 5 mA for MOC3012M and MOC3023M) and absolute max  $I_F$  (60 mA).

## Anexo Hoja de datos TB6560

**TOSHIBA**

TB6560AHQ/AFG

TOSHIBA BiCD Integrated Circuit Silicon Monolithic

# TB6560AHQ, TB6560AFG

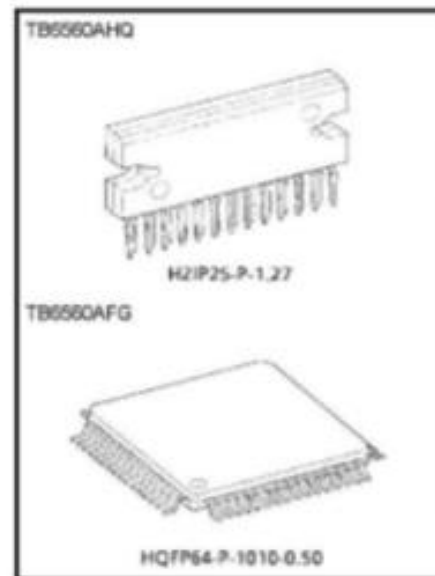
## PWM Chopper-Type Bipolar Driver IC for Stepping Motor Control

The TB6560AHQ/AFG is a PWM chopper-type stepping motor driver IC designed for sinusoidal-input microstep control of bipolar stepping motors. The TB6560AHQ/AFG can be used in applications that require 2-phase, 1-2-phase, 2W1-2-phase and 4W1-2-phase excitation modes. The TB6560AHQ/AFG is capable of low-vibration, high-performance forward and reverse driving of a two-phase bipolar stepping motor using only a clock signal.

### Features

- Single-chip motor driver for sinusoidal microstep control of stepping motors
- High output withstand voltage due to the use of BiCD process:  
Ron (upper and lower sum) =  
TB6560AHQ: 0.6  $\Omega$  (typ.)  
TB6560AFG: 0.7  $\Omega$  (typ.)
- Forward and reverse rotation
- Selectable phase excitation modes (2, 1-2, 2W1-2 and 4W1-2)
- High output withstand voltage:  $V_{DS} = 40$  V
- High output current:  $I_{OUT} =$  TB6560AHQ: 3.5 A (peak)  
TB6560AFG: 2.5 A (peak)
- Packages: HZIP25-P-1.27  
HQFP64-P-1010-0.50
- Internal pull-down resistors on inputs: 100 k $\Omega$  (typ.)
- Output monitor pin: MO current ( $I_{MO}$  (max)) = 1 mA
- Reset and enable pins
- Thermal shutdown (TSD)

\*: These ICs are highly sensitive to electrostatic discharge. When handling them, ensure that the environment is protected against electrostatic discharge. Ensure also that the ambient temperature and relative humidity are maintained at reasonable level.

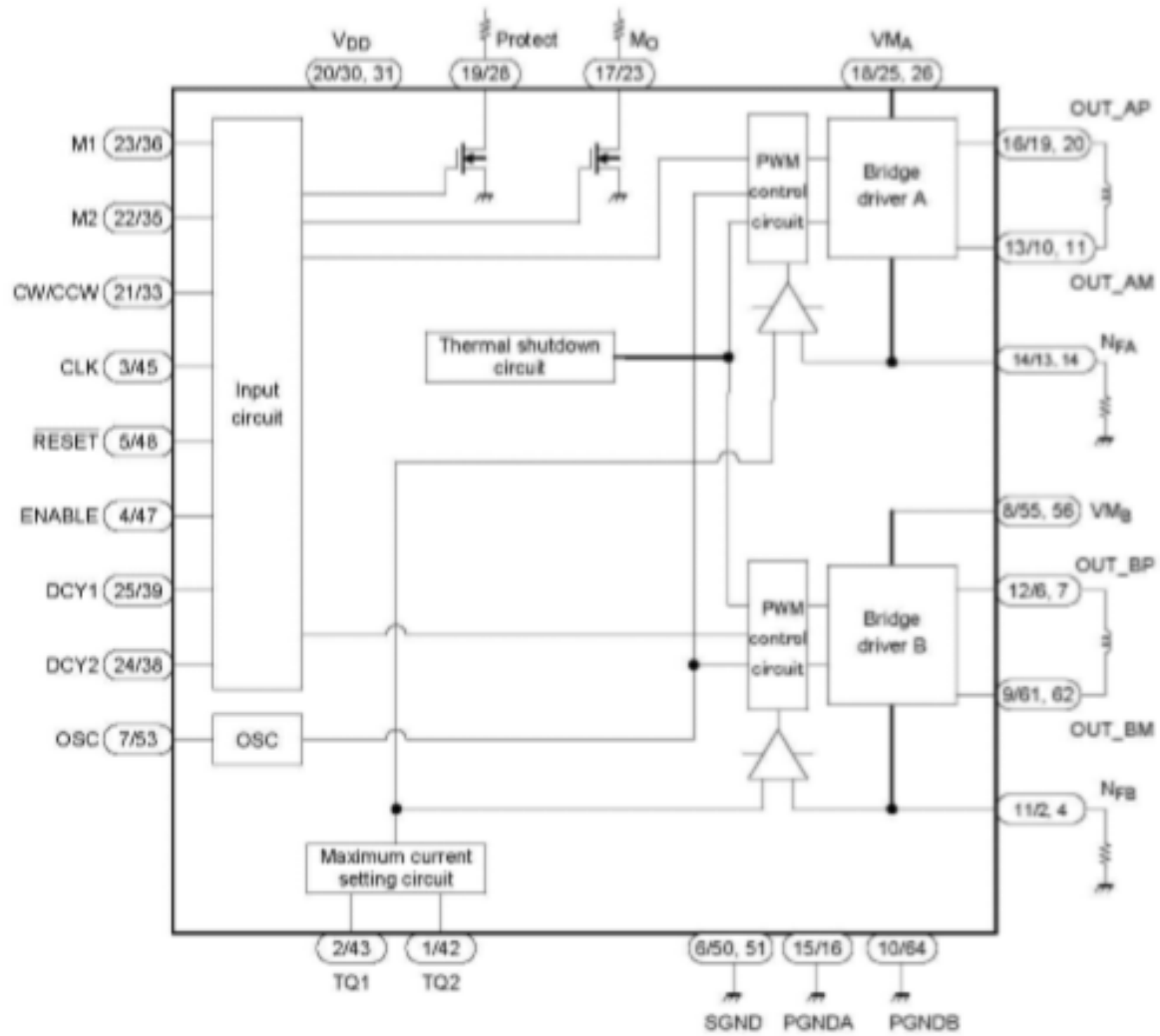


Weight  
HZIP25-P-1.27: 9.86 g (typ.)  
HQFP64-P-1010-0.50: 0.26 g (typ.)

**TOSHIBA**

TB6560AHQ/AFG

## Block Diagram





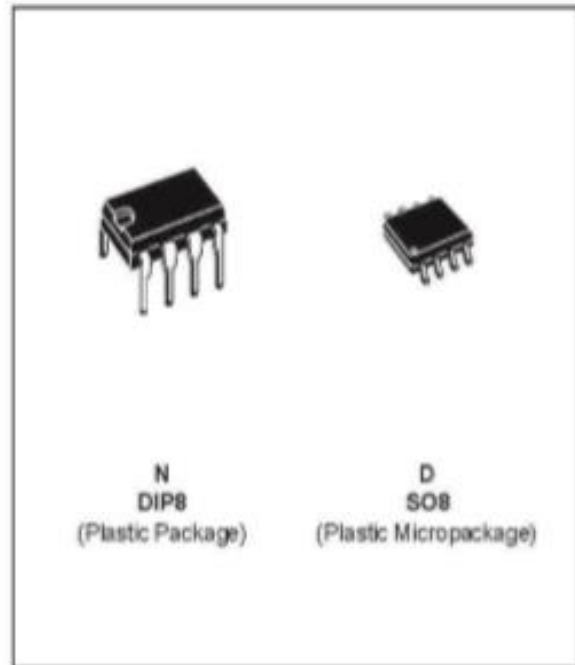
# NE555 SA555 - SE555

## GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

- LOW TURN OFF TIME
- MAXIMUM OPERATING FREQUENCY GREATER THAN 500kHz
- TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER°C

### DESCRIPTION

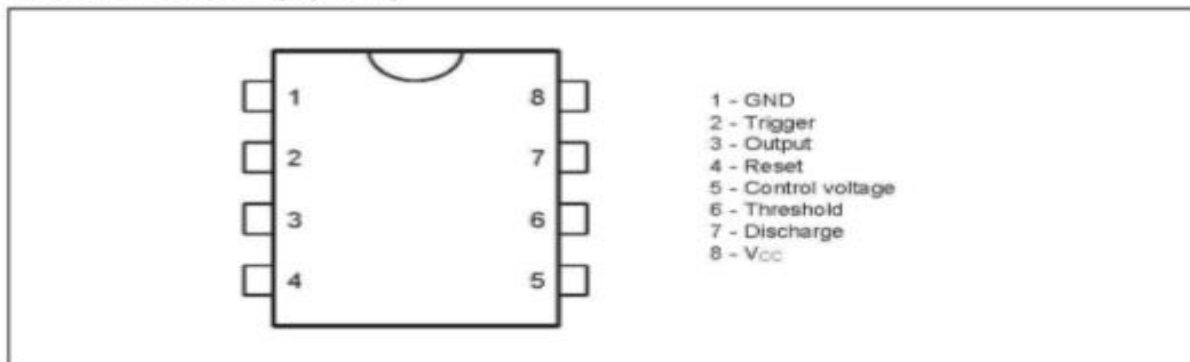
The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA. The NE555 is available in plastic and ceramic minidip package and in a 8-lead micropackage and in metal can package version.



### ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
NE555	0°C, 70°C	•	•
SA555	-40°C, 105°C	•	•
SE555	-55°C, 125°C	•	•

### PIN CONNECTIONS (top view)



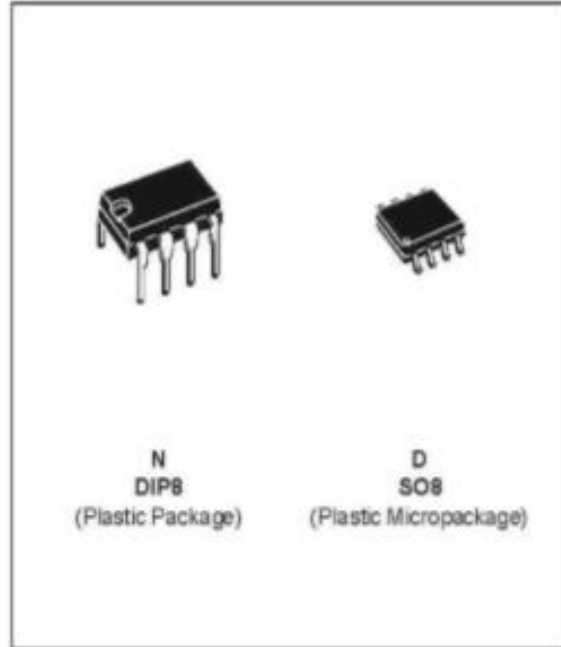
## Hoja de datos NE555 SA555-SE555

# GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

- LOW TURN OFF TIME
- MAXIMUM OPERATING FREQUENCY GREATER THAN 500kHz
- TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER°C

### DESCRIPTION

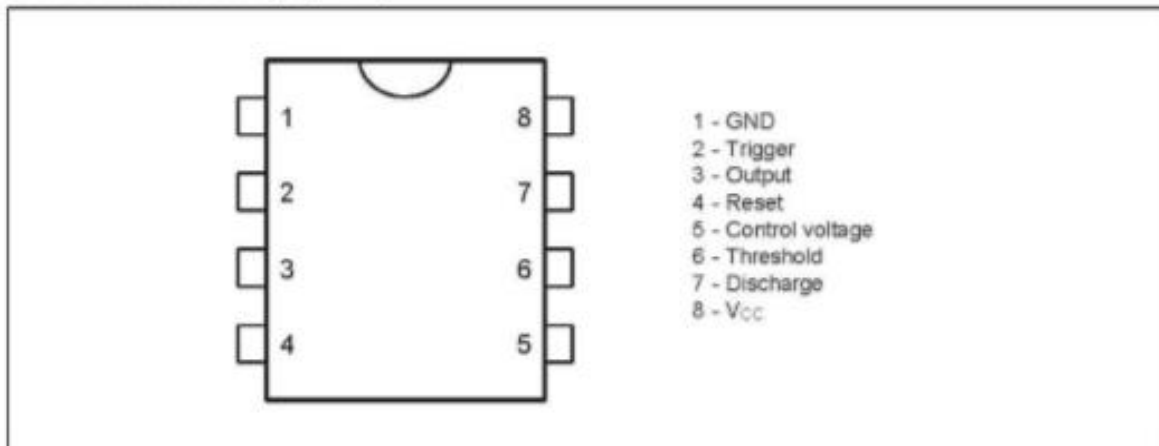
The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA. The NE555 is available in plastic and ceramic minidip package and in a 8-lead micropackage and in metal can package version.



### ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
NE555	0°C, 70°C	•	•
SA555	-40°C, 105°C	•	•
SE555	-55°C, 125°C	•	•

### PIN CONNECTIONS (top view)



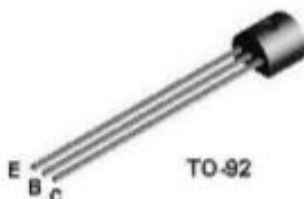
## Hoja de datos BC548



Discrete POWER & Signal  
Technologies

BC548 / BC548A / BC548B / BC548C

**BC548**  
**BC548A**  
**BC548B**  
**BC548C**



### NPN General Purpose Amplifier

This device is designed for use as general purpose amplifiers and switches requiring collector currents to 300 mA. Sourced from Process 10. See PN 100A for characteristics.

#### Absolute Maximum Ratings\*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CE0}$	Collector-Emitter Voltage	30	V
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage	30	V
$V_{EB0}$	Emitter-Base Voltage	5.0	V
$I_C$	Collector Current - Continuous	500	mA
$T_J, T_{stg}$	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

\*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

#### Thermal Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		BC548 / A / B / C	
$P_D$	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625 5.0	mW mW/°C
$R_{JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3	°C/W
$R_{JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	°C/W

**Anexo vista general del eje Z de la maquina**

